

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DAIANE DE SOUZA GOMES

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA DA FARINHA
DE ERVILHA E SUA INFLUÊNCIA NA ELABORAÇÃO DE *MUFFINS*

CURITIBA

2018

DAIANE DE SOUZA GOMES

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E REOLÓGICA DA FARINHA
DE ERVILHA E SUA INFLUÊNCIA NA ELABORAÇÃO DE *MUFFINS*

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Alimentos, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Nina Waszczynskyj
Coorientadora: Profa. Dra. Michele Rigon Spier

CURITIBA

2018

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

G633c Gomes, Daiane de Souza
 Caracterização física, físico-química e reológica da farinha de
 ervilha e sua influência na elaboração de *muffins* [Recurso eletrônico] /
 Daiane de Souza Gomes – Curitiba, 2018.

 Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia,
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos.
 Orientadora: Nina Waszczynskyj
 Coorientadora: Michele Rigon Spier

 1. Ervilha. 2. Amidos – análise térmica. I. Universidade Federal do
 Paraná. II. Waszczynskyj, Nina. III. Spier, Michele Rigon. IV. Título.

CDD: 641.35656

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



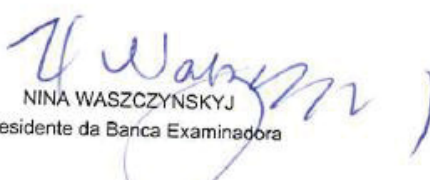
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE
ALIMENTOS

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE ALIMENTOS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **DAIANE DE SOUZA GOMES** intitulada: **Caracterização física, físico-química e reológica da farinha de ervilha e sua influência na elaboração de Muffins.**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua A PROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

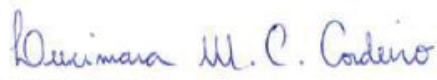
Curitiba, 24 de Agosto de 2018.


NINA WASZCZYŃSKYJ
Presidente da Banca Examinadora


VITOR RENAN DA SILVA
Avaliador Interno


ROSSANA CATIE BUENO DE GODOY
Avaliador Externo


MARIA LUCIA MASSON
Avaliador Interno


LUCIMARA MACH CORTES CORDEIRO
Avaliador Externo

Dedico aos meus pais Maria Roseli e Valdir.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, por ter me iluminado e ajudado a superar todas as dificuldades.

Aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado me incentivando, apoiando e acreditando em mim.

Ao meu irmão Fernando.

Aos meus avós e tios por acreditarem e torcerem por mim, em especial minha avó Júlia (*in memoriam*).

À minha orientadora, Profa. Dra. Nina Waszczynskyj, pela confiança, ensinamentos, apoio e dedicação.

À minha co-orientadora, Profa. Dra. Michele Rigon Spier, pelo auxílio e por ter contribuído para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores membros da banca: Dra. Lucimara Mach Côrtes Cordeiro, Dra. Rossana Catie Bueno de Godoy, Dr. Vitor Renan da Silva, Dra. Maria Lucia Masson e Dr. Luiz Gustavo Lacerda, pelas correções e valiosas sugestões que certamente contribuíram para a melhoria do presente trabalho.

À Dra. Fernanda Fiorda Mello pelas valiosas ideias e disponibilidade em me ajudar com as análises estatísticas.

À Granolab por disponibilizar as análises reológicas

Às minhas queridas amigas do doutorado Simone, Alessandra, Tatiane Viviani e Fernanda pelas conversas, auxílio, amizade e convivência.

À minha companheira de pesquisa Layse pela amizade, auxílio e incentivo em diversos momentos.

Aos amigos: Fernanda, Helena, Rafaela, Renata, Jacqueline e Érica pelo incentivo e pela presença não somente nos momentos alegres, mas também nos difíceis.

À Capes pelo apoio financeiro.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

(Albert Einstein)

RESUMO

A ervilha (*Pisum sativum* L.) é uma leguminosa consumida mundialmente, sendo fonte de nutrientes e de um perfil proteico de qualidade, podendo proporcionar ao consumidor produtos de confeitaria mais saudáveis com boa digestibilidade sem alterar o sabor. Este trabalho teve como objetivos caracterizar a farinha e o amido de ervilha; misturar a farinha de trigo especial (FT), farinha de ervilha (FE) e farinha de trigo integral (FTI) em diferentes proporções, para avaliar o efeito das combinações em diferentes propriedades; elaborar *muffins* com as farinhas mistas (FT, FE e FTI). O amido foi extraído a partir de ervilhas fornecidas pela EMBRAPA hortaliças (Brasília-DF), sendo avaliado juntamente com a farinha de ervilha através dos parâmetros de análises térmicas, microscopia eletrônica de varredura, raios X e propriedades de pasta. A mistura entre as três farinhas foi realizada mediante a aplicação de um delineamento de misturas simplex-centroide, onde foi estabelecido o limite máximo de 80% e mínimo de 60% para FT. Para FE e FTI foi estabelecido o limite máximo de 30% e mínimo de 10%. As misturas foram caracterizadas quanto à cor, granulometria, número de queda, absorção de água, estabilidade, tempo de desenvolvimento da massa, índice de tolerância à mistura, tenacidade, extensibilidade e força. Para a elaboração dos *muffins* utilizaram-se a FT, FE e FTI misturadas mediante o mesmo delineamento anterior. O amido de ervilha apresentou comportamentos claramente diferenciados da farinha de ervilha, devido a presença de elementos como proteínas, fibras e lipídios na farinha. O aumento da proporção de FE nas farinhas mistas contribuiu para que as misturas ficassem mais escuras, esverdeadas, com redução no número de queda, estabilidade e força e aumento na absorção de água, tempo de desenvolvimento e índice de tolerância à mistura. As formulações de *muffins* elaboradas com as farinhas mistas apresentaram-se mais duras com o aumento da proporção de FE. A formulação com menor nível de substituição foi melhor aceita sensorialmente e é suficiente para suprir a necessidade diária de boa parte dos aminoácidos essenciais.

Palavras-chave: Ervilha; Amido; Análise térmica; Delineamento de misturas; Análise sensorial.

ABSTRACT

Pea (*Pisum sativum* L.) is a legume consumed worldwide, being a source of nutrients, high quality protein and being able to providing healthier sweet baked goods with high digestibility, without alterations in taste. This study aimed to characterize flour and pea starch; to mix wheat flour (WF), pea flour (PF) and whole wheat flour (WWF) in different ratios; to evaluate the effects of these combinations in different properties and to make muffins with these mixed flours (WF, PF and WWF). EMBRAPA Vegetables (Brasília-DF) provided the peas, which was extracted starch. Both pea flour and starch were evaluated through the parameters of thermal analysis, scanning electron microscopy, X-ray diffractometry and pasting properties. The flours mixing process was performed by applying a simplex-centroid design, where it was established a maximum limit of 80% and minimum of 60% for WF. For PF and WWF the maximum limit was 30% and minimum of 10%. The mixtures were characterized in terms of color, grain size, falling number, water absorption, stability, time of mass development, mixing tolerance index, tenacity, extensibility and strength. For the muffins production, WF, PF and WWF were mixed accordingly with the previous design. Pea starch presented clear differentiated behaviors in comparison with pea flour, explained by presence of elements such as proteins, fibers and lipids in the flour. The increase of PF ratio in the mixture caused it to be darker, greenish, with lower falling number, stability and strength and higher water absorption, development time and mixing tolerance index. Muffins prepared with mixed flours formulation were shown to be harder with the increase of PF and the formulation with lower level of substitution was better accepted sensorially and it is enough to supply the daily requirement of most of the essential amino acids.

Keywords: Pea. Starch. Thermal Analysis. Mixture design. Sensory Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REVISÃO DE LITERATURA

FIGURA 1: Ervilha (<i>Pisum sativum</i> L.).	23
FIGURA 2: Tipos de ervilha. (A) Torta, (B) Rugosa, (C) Lisa e seca de cotilédone verde, (D) Lisa e seca de cotilédone amarelo, (E) Verde.	24
FIGURA 3: Produção mundial de ervilha seca por país (1980 – 2012).	26
FIGURA 4: Produção mundial (A) e brasileira (B) de ervilha seca (2004 – 2014).	27
FIGURA 5: Estrutura da amilose.	32
FIGURA 6: Estrutura da amilopectina.	33
FIGURA 7: Grânulos de (a) batata e (b) mandioca no aumento de 1000x.	33
FIGURA 8: Arranjo cristalino e amorfo dentro de um anel de crescimento do grânulo de amido.	34
FIGURA 9: Tipos de cristalinidade dos grânulos de amido. (a) Tipo A, (b) Tipo b. (Os pontos vermelhos representam as moléculas de água).	35
FIGURA 10: Difrátogramas de raio X dos amidos tipo A, B e C.	36
FIGURA 11: Representação esquemática do processo de gelatinização.	37
FIGURA 12: Curva de viscosidade típica do Analisador Rápido de Viscosidade (RVA)	39
FIGURA 13: Principais componentes de uma termobalança.	40
FIGURA 14: Curva genérica para experimento de DTA. I) Mudança de linha de base sem pico; II e III) Picos endotérmicos; IV) Pico exotérmico.	42
FIGURA 15: Curva típica de uma DSC.	43
FIGURA 16: Curva alveográfica.	45

EXPERIMENTO 1

FIGURA 17: Parâmetros para cálculo da cristalinidade	57
FIGURA 18: Curvas TG/DTG: (FE) farinha de ervilha e (AE) amido de ervilha.	60
FIGURA 19: Curvas DSC de: farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).	61
FIGURA 20: Curvas RVA: farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).	63
FIGURA 21: Difrátogramas de Raios-X das amostras de: farinha de ervilha (FE), e amido de ervilha (AE).	64
FIGURA 22: Imagens obtidas no MEV (com a ampliação de 1.00kx) das amostras de Farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).	65

EXPERIMENTO 2

FIGURA 23: Superfície de resposta dos parâmetros físicos, físico-químicos e reológicos das misturas entre as farinhas de trigo e ervilha. (A) Luminosidade L*, (B) Croma a*, (C) Croma b*, (D) Abertura da malha de 30 mesh, (E) Abertura da malha de 40 mesh, (F) Número de queda, (G) Índice de tolerância à mistura, (H) Estabilidade e (I) Força (W).	79
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

EXPERIMENTO 3

FIGURA 24: Crosta das formulações de <i>muffin</i> .	100
FIGURA 25: Miolo das formulações de <i>muffin</i> .	101
FIGURA 26: Superfície de resposta dos parâmetros físicos e de textura dos <i>muffins</i> . (A) Luminosidade (L*) da crosta (B) Dureza.	102

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

TABELA 1: Tipos e regiões de cultivo das ervilhas.	25
TABELA 2: Limites de tolerância para farinha de trigo.	29
TABELA 3: Utilização industrial de amido.	31
TABELA 4: Conteúdo de amilose de amidos de diversas fontes.	32
TABELA 5: Relação dos métodos com os testes sensoriais.	48

EXPERIMENTO 1

TABELA 6: Composição centesimal da farinha e amido de ervilha.	59
TABELA 7: Resultados TG/DTG das amostras de: farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).	61
TABELA 8: Resultados de gelatinização do DSC.	62
TABELA 9: Resultados RVA das amostras: farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).	62
TABELA 10: Grau de cristalinidade relativa para as amostras de: farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).	64

EXPERIMENTO 2

TABELA 11: Concentrações mínimas e máximas estabelecidas para farinha de trigo especial (FT) farinha de ervilha (FE) e farinha de trigo integral (FTI).	72
TABELA 12: Tabela do delineamento de misturas do tipo simplex-centroide gerada pelo software Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA).	73
TABELA 13: Delineamento experimental da farinha de trigo especial (FT), farinha de trigo integral (FTI) e farinha de ervilha (FE).	74
TABELA 14: Coordenadas de cromaticidade L^* a^* e b^* do mix de farinhas de trigo e ervilha.	77
TABELA 15: Retenção de partículas no mix de farinhas de trigo e ervilha.	78
TABELA 16: Número de queda do mix de farinhas de trigo e ervilha.	81
TABELA 17: Características farinográficas do mix de farinhas de trigo e ervilha.	82
TABELA 18: Características alveográficas do mix de farinhas de trigo e ervilha.	84
TABELA 19: Coeficientes de regressão obtidos pela metodologia da superfície de resposta para modelar os efeitos de FT, FTI e FE nos parâmetros físicos e reológicos do mix de farinhas de trigo e ervilha.	85

EXPERIMENTO 3

TABELA 20: Concentrações mínimas e máximas estabelecidas para farinha de trigo especial (FT) farinha de ervilha (FE) e farinha de trigo integral (FTI) na formulação dos <i>muffins</i>	93
TABELA 21: Formulação base do <i>muffin</i>	93
TABELA 22: Delineamento experimental da farinha de trigo especial (FT), farinha de trigo integral (FTI) e farinha de ervilha (FE).	94
TABELA 23: Coordenadas de cromaticidade L^* a^* e b^* da crosta das formulações de <i>muffins</i>	99
TABELA 24: Coordenadas de cromaticidade L^* a^* e b^* do miolo das formulações de <i>muffins</i>	101
TABELA 25: Análise do volume específico dos <i>muffins</i>	102

TABELA 26: Perfil médio de TPA (Análise do Perfil de Textura) para <i>muffins</i> preparados com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de ervilha e trigo integral.	103
TABELA 27: Coeficientes de regressão obtidos pela metodologia da superfície de resposta para modelar os efeitos de FT, FTI e FE nas propriedades físicas e de textura dos <i>muffins</i>	104
TABELA 28: Somatória das notas melhor ordenadas no teste de ordenação-preferência.	105
TABELA 29: Média das notas do teste de aceitação das três amostras selecionadas (n=112).	106
TABELA 30: Composição centesimal da farinha de ervilha (FE), farinha de trigo especial (FT) e farinha de trigo integral (FTI).	106
TABELA 31: Composição físico-química dos <i>muffins</i> selecionados.	107
TABELA 32: Composição de aminoácidos totais na farinha de ervilha (FE).	108

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

AE – Amido de Ervilha

DSC – Difractometria Exploratória Diferencial

DRX – Difractometria de Raios X

FE – Farinha de ervilha

FN – *Falling Number*

FT – Farinha de Trigo Especial

FTI – Farinha de Trigo Integral

HCl – Ácido clorídrico

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

NaOH – Hidróxido de sódio

RVA – Analisador Rápido de Viscosidade

TG/DTA – Termogravimetria a Análise Térmica Diferencial

cm - Centímetros

cP – Centipoise

J - Joule

g – Grama

min – Minuto

mm – Milímetro

mL – Mililitro

N – Newton

p valor – probabilidade de significância

P/L – Tenacidade/ Extensibilidade

R^2 – Coeficiente de determinação

R^2_{aj} – Coeficiente de determinação ajustado

μm – Micrômetros

L^* - Luminosidade

s – Segundo

RSM – Metodologia de Superfície de Resposta

T_0 – Temperatura inicial de gelatinização

T_p – Temperatura de pico de gelatinização

T_c – Temperatura de conclusão de gelatinização

UF – Unidade Farinográfica

α – Alfa

Å – Ångström

β - Beta

λ – Comprimento de onda

ΔH_{fus} – Variação da entalpia de fusão

θ - Teta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	18
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3 JUSTIFICATIVA	20
REVISÃO DE LITERATURA	21
1 REVISÃO DE LITERATURA	22
1.1 LEGUMINOSAS.....	22
1.2 ERVILHA.....	22
1.2.1 Cultivo	23
1.2.2 Tipos de ervilhas.....	23
1.2.3 Produção	25
1.2.4 Aspectos nutricionais	27
1.2.5 Formas de consumo	28
1.3 TRIGO.....	28
1.4 AMIDO	30
1.4.1 Estrutura química.....	31
1.4.1.1 Amilose	32
1.4.1.2 Amilopectina	32
1.4.2 Propriedades morfológicas do grânulo	33
1.4.2.1 Cristalinidade dos grânulos de amido.....	34
1.4.2.2 Difração de raios X	35
1.4.2.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	36
1.4.3 Gelatinização e retrogradação do amido	36
1.4.4 Propriedades reológicas do amido.....	38
1.4.5 Análise térmica	39
1.4.5.1 Termogravimetria (TG)	40
1.4.5.2 Análise térmica diferencial (DTA)	41
1.4.5.3 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)	42
1.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS FARINHAS	43
1.5.1 Farinografia.....	44
1.5.2 Alveografia	44
1.5.3 Número de queda	45

1.7 BOLOS.....	46
1.8 ANÁLISE SENSORIAL	47
1.8.1 Testes de aceitação	48
1.8.2 Teste de ordenação	49
EXPERIMENTO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO E FARINHA DE ERVILHA.....	51
1 INTRODUÇÃO.....	54
2 MATERIAL E MÉTODOS	55
2.1 MATERIAL	55
2.1.1 Extração do amido	55
2.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA FARINHA E AMIDO DE ERVILHA	55
2.3 ANÁLISES TÉRMICAS	55
2.3.1 Termogravimetria e Análise Térmica Diferencial	56
2.3.2 Calorimetria Exploratória Diferencial.....	56
2.4 PROPRIEDADES DE PASTA.....	56
2.5 DIFRATOMETRIA DE RAIOS X	57
2.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	57
2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	58
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
3.1 RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO	59
3.2 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FARINHA E AMIDO DE ERVILHA	59
3.3 ANÁLISES TÉRMICAS	60
3.3.1 Termogravimetria (TG)	60
3.3.2 Calorimetria exploratória diferencial (DSC).....	61
3.4 PROPRIEDADES DE PASTA.....	62
3.5 DIFRATOMETRIA DE RAIOS X	63
3.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	64
4 CONCLUSÃO	66
EXPERIMENTO 2 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E REOLÓGICA DE FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA	67
1 INTRODUÇÃO	70
2 MATERIAL E MÉTODOS	72
2.1 MATERIAL	72
2.2 ANÁLISE FÍSICA DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E DE ERVILHA	74
2.2.1 Granulometria das farinhas mistas	74
2.2.2 Cor das farinhas mistas	74

2.2.3 Número de queda	75
2.3 ANÁLISES REOLÓGICAS DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA.....	75
2.3.1 Farinografia.....	75
2.3.2 Alveografia	75
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	75
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
3.1 ANÁLISE FÍSICA DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA.....	77
3.1.1 Cor das farinhas mistas	77
3.1.2 Granulometria das farinhas mistas	78
3.2 ANÁLISES FÍSICAS DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA...	81
3.2.1 Número de queda	81
3.3 ANÁLISES REOLÓGICAS DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA.....	82
3.3.1 Propriedades farinográficas	82
3.3.2 Características alveográficas	83
EXPERIMENTO 3 – ESTUDO DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA (Pisum sativum L.) NA ELABORAÇÃO DE MUFFINS E SUAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SENSORIAIS	88
1 INTRODUÇÃO	91
2 MATERIAL E MÉTODOS	93
2.1 MATERIAL	93
2.1.1 Produção dos <i>muffins</i>	94
2.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	94
3.1.1 Composição centesimal.....	94
3.2 ANÁLISES FÍSICAS	95
3.2.1 Volume específico.....	95
3.2.2 Cor dos <i>muffins</i>	95
3.2.3 Textura.....	95
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	96
3.4 ANÁLISE SENSORIAL	96
3.4.1 Recrutamento dos julgadores	96
3.4.2 Seleção dos julgadores.....	96
3.4.3 Avaliação sensorial das formulações de <i>muffins</i>	97
3.4.4 Teste de ordenação-preferência	97
3.4.5 Teste de aceitação.....	97

3.4.6 Teste de intenção de compra.....	97
3.4.7 Análises estatísticas	98
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	99
3.1 ANÁLISES FÍSICAS	99
3.1.1 Cor	99
3.1.2 Volume específico.....	102
3.2 ANÁLISE DE TEXTURA	103
3.3 ANÁLISE SENSORIAL	104
3.4 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA	106
3.5 ANÁLISE DOS AMINOÁCIDOS.....	107
4 CONCLUSÃO	110
CONCLUSÃO FINAL	111
REFERÊNCIAS	112
APÊNDICE 1 – FICHA DE AVALIAÇÃO DO PERFIL DO CONSUMIDOR ..	129
APÊNDICE 2 – TESTE DE ORDENAÇÃO-PREFERÊNCIA DOS <i>MUFFINS</i> PRODUZIDOS COM FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA.....	131
APÊNDICE 3 – TESTE DE ACEITAÇÃO E INTENÇÃO DE COMPRA DE <i>MUFFINS</i> PRODUZIDOS COM FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA.....	133

1 INTRODUÇÃO GERAL

A ervilha (*Pisum sativum* L.) é uma das leguminosas mais consumidas no mundo, tendo grande importância como fonte de nutrientes na alimentação humana, destacando-se a presença de proteínas de alta qualidade, minerais como ferro, e carboidratos como o amido resistente e fibras (TOMM; LIMA, 2000; CANNIATTI-BRAZACA, 2006; DEL BEM et al., 2012). É uma cultura de inverno e no Brasil, adapta-se melhor em regiões de temperatura amena (PEIXOTO, 2000).

A ervilha é normalmente comercializada na forma enlatada, congelada, farinhas, *in natura* e sopas (COUTO, 1989; CANNIATTI-BRAZACA, 2006). No entanto poucos estudos vêm sendo realizados para o seu aproveitamento na formulação de produtos de confeitaria.

A partir de grãos secos pode ser obtida a farinha de ervilha e ser utilizada na panificação. Parte da farinha de trigo está sendo substituída por outras farinhas, como a farinha integral, de aveia, de soja, de milho, de ervilha em pães e correlatos. Este procedimento além de diluir a proteína do trigo, proporciona ao consumidor produtos mais saudáveis, de fácil digestibilidade sem modificá-los sensorialmente.

Contudo, é importante que o produto resultante seja aceito sensorialmente para que possa viabilizar sua utilização. Neste sentido, o presente estudo tem o objetivo de avaliar a aceitação e intenção de compra de *muffins* elaborados com farinha mista (trigo especial para bolos, trigo integral e ervilha).

Este trabalho está dividido em três partes: [1] Revisão de literatura; [2] caracterização do amido e farinha de ervilha em relação a composição centesimal, propriedades térmicas (DSC e TG), reológicas e estruturais (difratometria de raios X e morfologia); [3] caracterização físico-química, física (granulometria e cor) e reológica (farinografia e alveografia) de farinhas mistas de trigo e ervilha [4] avaliação do efeito da utilização das farinhas mistas de trigo e ervilha (*Pisum sativum* L.) nas características físicas (cor, textura e volume específico) e sensorial dos *muffins*. Além disso, foi também realizada a caracterização de aminoácidos da farinha de ervilha.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a farinha e amido de ervilha (*Pisum sativum* L.), caracterizar as farinhas mistas de trigo e ervilha, elaborar *muffins* com diferentes proporções de farinha de ervilha.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a farinha e amido de ervilha (*Pisum sativum* L.) quanto aos aspectos físico-químicos, térmicos (TG-DTA e DSC), reológicos (RVA) e instrumentais (microscopia eletrônica de varredura e difratometria de raios X);
- Avaliar o comportamento da mistura da farinha de trigo especial, de trigo integral e de ervilha nas características físico-químicas e reológicas da massa para a utilização em *muffins*;
- Desenvolver formulações de *muffins* utilizando farinhas mistas de trigo e de ervilha;
- Determinar a composição físico-química de *muffins* elaborados com diferentes níveis de farinha de trigo integral e ervilha.
- Avaliar o efeito da utilização de farinhas mistas de trigo e de ervilha nas características físicas e na avaliação sensorial de *muffins* e intenção de compra do consumidor.

3 JUSTIFICATIVA

As ervilhas são leguminosas, nas quais a fonte de proteínas pode chegar até 25%, sendo a lisina presente em maior proporção, portanto seus grãos podem ser utilizados na produção de alimentos com a finalidade de incorporação deste macronutriente (ROY; BOYE; SIMPSON, 2009; REINKENSMEIER et al., 2015).

Recentemente, os derivados de ervilha, como a farinha, isolado proteico e fibra de ervilha, surgem como ingredientes na composição de produtos alimentícios (CODINA; PASLARU; LEAHU, 2011; PADALINO et al., 2014; RONDA; VILLANUEVA; COLLAR, 2014). A adição de farinha de ervilha em massas alimentícias e pães e derivados é uma forma para enriquecer o conteúdo de fibras, amido resistente e proteínas destes produtos (ALASINO et al., 2008; DEL BEM et al., 2012). Alguns estudos relatam a utilização de isolados proteicos de ervilha associados a isolados de outras leguminosas para a elaboração de *muffins* sem glúten (SHEVKANI; SINGH, 2014).

Devido à escassez de literatura com estudos comparativos entre a farinha e amido de ervilhas cultivadas no Brasil, faz-se necessário uma maior investigação científica e tecnológica.

Neste sentido, buscar-se-á seu aproveitamento a nível tecnológico na área da panificação, mais especificamente na elaboração de *muffins* com diferentes proporções de farinha de trigo e farinha de ervilha na composição.

REVISÃO DE LITERATURA

1 REVISÃO DE LITERATURA

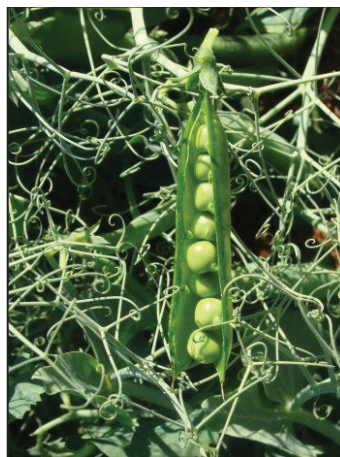
1.1 LEGUMINOSAS

As leguminosas pertencem à família botânica Fabacea, que compreende 18 mil variedades e 40 espécies cultivadas e consumidas pelo mundo (RIO, 2017). Elas pertencem à classe das dicotiledôneas, sendo consideradas plantas de pequeno porte que ocorrem em vagens com grãos (NIEUWENHUIS; NIEUWELINK, 2003; FONTANELI; SANTOS; BAYER, 2012). Ao crescer, as leguminosas apresentam a capacidade de fixar nitrogênio no solo, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos (PULSE CANADA, sd). As sementes de leguminosas são consideradas fontes de proteínas, fibras, minerais, vitaminas e compostos fenólicos bioativos (EMBRAPA, 2016, SINGH et al., 2017).

O termo “pulses” é utilizado para sementes de leguminosas colhidas na maturidade, ao contrário das leguminosas imaturas, como feijões verdes (RIO, 2017). As “pulses” apresentam sementes secas e incluem membros como: feijões secos, grão de bico, lentilhas e ervilha secas (EMBRAPA, 2016; PADHI et al., 2017).

1.2 ERVILHA

A ervilha (*Pisum sativum* L.) (Figura 1), uma das leguminosas mais produzidas do mundo, pertence à família Fabaceae subdivisão Viciae (PEREIRA, 1989; HONGBO et al., 2015). É originária do Oriente Médio, sendo cultivada em várias partes do mundo (PEIXOTO, 2000).

FIGURA 1: Ervilha (*Pisum sativum* L.).

Fonte: RODRIGUES (2013)

1.2.1 Cultivo

A ervilha é uma espécie anual com grande número de cultivares que apresentam um ciclo entre 100 a 120 dias, quando cultivada em regiões de clima temperado. É considerada uma cultura de inverno, sendo o plantio efetuado entre março e abril até meados de maio. As temperaturas mais adequadas para o seu cultivo se situam entre 13 e 18°C (GIORDANO et al., 1993; PEIXOTO, 2000; TSAO; LO, 2006). Não tolera temperaturas superiores a 30°C por vários dias seguidos e nem geada durante a florada. A colheita da ervilha ocorre em torno dos 100 dias, em uma umidade entre 13 e 14%. A permanência estendida das plantas no campo, após a maturação favorece a incidência de grãos descoloridos, acarretando na perda de qualidade do produto (FONSECA, 1999). Os melhores solos para o seu plantio são os que possuem pH próximo da neutralidade (6,5 ou maior), bem drenados e com alta disponibilidade de cálcio e magnésio (DESHPANDE; ADSULE, 1998; PEIXOTO, 2000).

1.2.2 Tipos de ervilhas

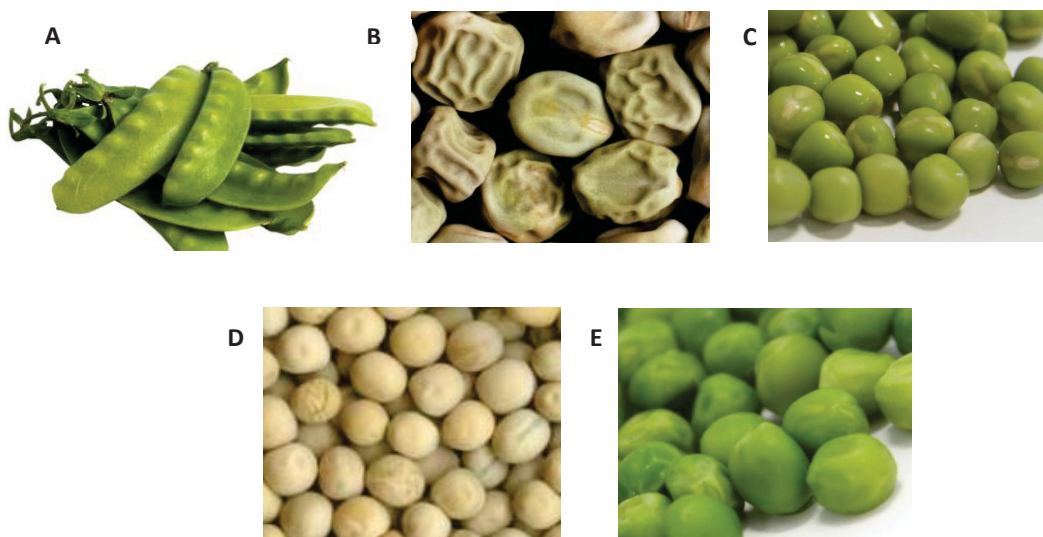
As ervilhas podem ser classificadas em ervilha em grão, as quais são subdivididas em dois fenótipos: em semente de superfície lisa e rugosa (SHI et al., 2014), e ervilhas tortas, em que as sementes são comestíveis juntamente com a vagem (EMBRAPA, sd).

Dentro da categoria de ervilhas secas lisas são cultivadas as variedades de cotilédone verde e cotilédone amarelo. As cores das sementes para as duas variedades podem variar de verde claro ao escuro e de creme ao amarelo (JANZEN; BRESTER; SMITH, 2014).

São diversas as cultivares de grãos de cotilédones verdes indicados para a produção de ervilhas secas, como a Mikado, Trioфин, Cobri, Kriter, Amélia, Dileta, Flávia, Kodama, Maria, Marina, Luisa e IAPAR 74. Essas cultivares são recomendadas para cada região de acordo com o clima e solo (GIORDANO et al., 1993). Os grãos de ervilha secos podem ter emprego direto na fabricação de sopas e purês (DESHPANDE; ADSULE, 1998).

O Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças da EMBRAPA desenvolveu cinco cultivares de grãos ervilha de cotilédone verde: Axé, Forró, Frevo, Pagode e Samba. Estas cultivares são próprias para a colheita de grãos verdes, visando o imediato congelamento e/ou enlatamento, sem a necessidade de reidratação do grão (EMBRAPA, 2014). A Figura 2 apresenta alguns tipos de ervilha.

FIGURA 2: Tipos de ervilha. (A) Torta, (B) Rugosa, (C) Lisa e seca de cotilédone verde, (D) Lisa e seca de cotilédone amarelo, (E) Verde.



Fonte: EMBRAPA, sd; John Innes Centre, sd; USDA, sd; EMBRAPA, 2014.

A Tabela 1 apresenta os tipos e a região onde as cultivares de algumas ervilhas foram testadas para o cultivo.

TABELA 1: Tipos e regiões de cultivo das ervilhas.

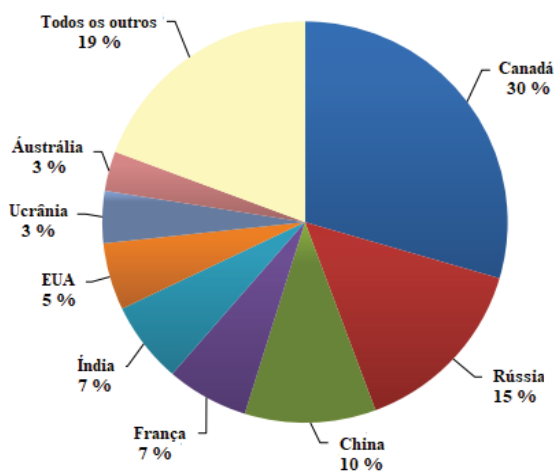
Cultivar	Tipo de ervilha	Regiões testadas
Amélia	Seca de grãos lisos e verdes	Brasília, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo
Dileta	Seca de grãos lisos e verdes	Brasília, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo
Flávia	Seca de grãos lisos e verdes	Itaporã e Dourados (MS) e Guaíra (SP)
Kodama	Seca	Brasília, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo
Luiza	Seca de grãos lisos e verdes	Brasília (DF)
Maria	Seca de grãos lisos e verdes	Itaporã e Dourados (MS), São Gotardo (MG) e Guaíra (SP)
Marina	Seca	Brasília (DF), Dourados (MS) e Guaíra (SP)
Viçosa	Seca de grãos lisos e verdes	São Gotardo (MG) e Guaíra (SP)
Axé	Verde	Na região Centro-Oeste, recomenda-se semeadura de abril a junho. No Rio Grande do Sul, recomenda-se semeadura nos meses de julho e agosto.
Forró	Verde	Distrito Federal, Triângulo Mineiro e Anápolis (GO)
Frevo	Verde	Federal, Triângulo Mineiro e Anápolis (GO)
Pagode	Verde	Distrito Federal, Triângulo Mineiro e Anápolis (GO)
Samba	Verde	Distrito Federal, Triângulo Mineiro e Anápolis (GO)

Fonte: EMBRAPA, 2014

1.2.3 Produção

O grão de ervilha seco é cultivado em quase 100 países, mas a sua produção está concentrada no Canadá, Rússia e China. Em conjunto, estes três países produzem mais da metade da produção mundial das ervilhas (Figura 3) (JANZEN; BRESTER; SMITH, 2014). A produção mundial de ervilhas secas atingiu 11.186.123 toneladas no ano de 2014. No mesmo ano a produção brasileira de ervilhas secas foi de 3692 toneladas (FAO, 2017).

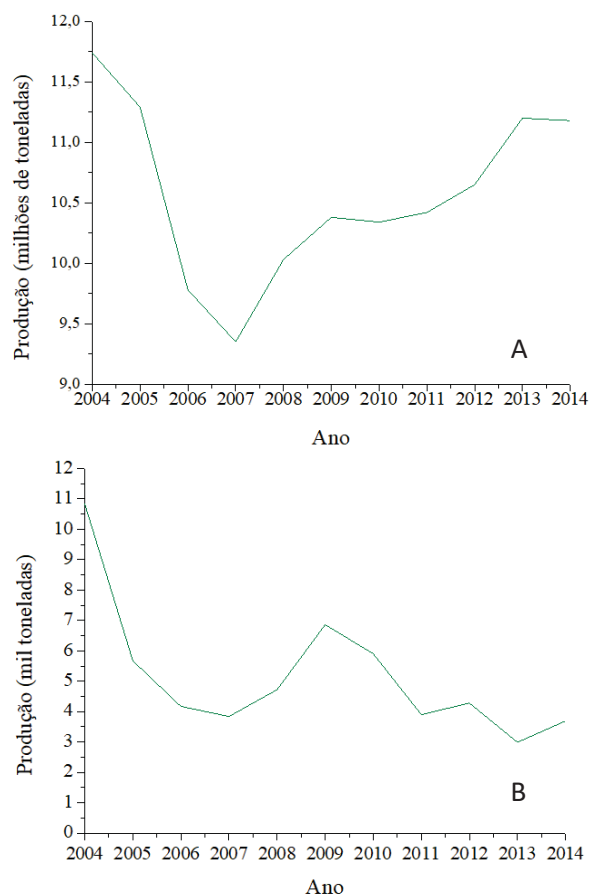
FIGURA 3: Produção mundial de ervilha seca por país (1980 – 2012).



Fonte: FAO, 2017

Ao longo de 10 anos (2004 a 2014) houve um pequeno aumento na produção mundial de ervilha seca, que atingiu seu pico de produção em 2004 com 11.746.507 toneladas (Figura 4A). Já em relação à produção brasileira, no mesmo período de tempo, houve uma queda significativa, atingindo o pico de produção em 2004 com 10.839 toneladas (Figura 4B).

FIGURA 4: Produção mundial (A) e brasileira (B) de ervilha seca (2004 – 2014).



Fonte: FAO (2017)

1.2.4 Aspectos nutricionais

Se no passado a ervilha forneceu dados para o criador da genética moderna Gregor Mendel, mais recentemente estão sendo valorizadas devido ao seu alto teor de nutrientes, favorecendo o seu uso na alimentação humana (KLUG et al., 2010). As sementes de ervilha apresentam baixo teor em lipídeo (1,27-2,00%), sendo ótima fonte de proteínas (20-25%), carboidratos (54,63-57,88%), fibras dietéticas (13,74-14,56%), além de apresentarem vitaminas do complexo B e minerais como fósforo, cálcio, ferro, potássio e polifenóis (PEREIRA, 1989; CANNIATTI-BRAZACA, 2006, AGBOOLA et al., 2010; COLLAR et al., 2014, SHI et al., 2014). A proteína alimentar presente na ervilha é valorizada devido à presença de quantidades significativas de aminoácidos essenciais como lisina (18%) e leucina (17%) (OJEDA, 2016; MIRANDA;

VIANA, 2017). O baixo índice glicêmico pode ajudar a estabilizar os níveis de açúcar no sangue, o que a torna interessante para o consumo de diabéticos (REYES-MORENO; PAREDES-LOPEZ, 1993).

No entanto, também foi observado que a presença de alguns fatores antinutricionais, como taninos e ácido fítico, que se ligam às proteínas e alguns minerais podendo inibir sua biodisponibilidade (REYES-MORENO; PAREDES-LOPEZ, 1993; OJEDA, 2016). Porém, na maioria dos casos esta quantidade tem sido muito baixa na ervilha, em função disso os pesquisadores ficaram despreocupados quanto aos fatores antinutricionais (CANNIATTI-BRAZACA, 2006). Algumas sugestões propostas surgiram para quando estes fatores estiverem presentes, como o uso de algum tratamento térmico como a extrusão ou a autoclave, visando a inativação ou inibição, desta forma melhorando a digestibilidade das proteínas (VAN DER POEL; ZUILICHEM; VAN OORT, 1990; ALONSO et al., 2001; FRIAS et al., 2011).

1.2.5 Formas de consumo

A ervilha foi consumida em forma de grãos secos, inteiros ou moídos por muito tempo e a partir do século XVII também sob a forma de grãos verdes (GIORDANO et al., 1993). Com o desenvolvimento da indústria de alimentos a ervilha passou a ser comercializada de várias formas, como: enlatada, congelada, na forma de farinhas, preparações ou frescas (COUTO, 1989).

Aproximadamente 80% da produção mundial de ervilha é comercializada na forma seca do grão e cerca de 20% como ervilhas verdes. Das ervilhas verdes 50% são congeladas, enquanto que aproximadamente 40% e 9% são enlatadas e desidratadas, respectivamente (DESHPANDE; ADSULE, 1998).

1.3 TRIGO

Existem cerca de 30 tipos de trigo, sendo metade cultivados e o restante cresce de forma silvestre. Porém, o maior volume de trigo vem de três espécies, que representam mais de 90% do trigo cultivado mundialmente, e cada uma dessas espécies é mais adequada à um tipo de alimento (ABITRIGO, sd). A Associação

Brasileira da Indústria de Trigo (ABITRIGO), baseia-se na Instrução Normativa nº 7, de 15 de agosto de 2001, e classifica o trigo em espécies como (BRASIL, 2001):

- a) *Triticum aestivum*: É a espécie mais cultivada no planeta. Apresenta cerca de 15% de proteínas e é mais utilizada para a produção de pães.
- b) *Triticum compactum*: Apresenta teor aproximado de 8% de proteínas. Esta espécie é utilizada para a fabricação de biscoitos e bolos.
- c) *Triticum durum*: Essa espécie forma um glúten mais resistente, sendo indicado para a fabricação de massas alimentícias.

O grão de trigo apresenta três componentes estruturais: endosperma amiláceo (82-84%), pericarpo (13-16%) e gérmen (2-3%). O endosperma é responsável pela produção da farinha. O pericarpo protege o endosperma. O gérmen é a parte viva do grão, contém quantidade significativa de lipídio, por isso normalmente é separado da farinha (PUPP, 1996; UTHAYAKUMARAN; WRIGLEY, 2010).

A farinha de trigo e farinha de trigo integral é um produto elaborado com grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) ou outras espécies de trigo do gênero *Triticum*, ou combinações por meio de trituração ou moagem a partir do processamento completo do grão limpo, contendo ou não o gérmen (BRASIL, 2005).

De acordo com a Instrução Normativa nº 8, de 2 de junho de 2005 a farinha de trigo é classificada em três tipos de acordo com os limites estabelecidos na Tabela 2:

TABELA 2: Limites de tolerância para farinha de trigo.

Tipos	Teor de cinzas* (máximo)	Granulometria	Teor de proteína* (mínimo)	Acidez Graxa (mg de KOH/100 g do produto máximo)	Umidade (máximo)
Tipo 1	0,8%	95 % do produto deve passar pela peneira com abertura de malha de 250 µm.	7,5%	100	15,0%
Tipo 2	1,4%		8,0%		
Integral	2,5%	-	8,0%	100	

*Os teores de cinzas e de proteína deverão ser expressos em base seca.

Fonte: BRASIL (2005).

O trigo é uma gramínea do gênero *Triticum* que está entre as culturas mais antigas cultivadas no mundo (ABITRIGO, sd). Como é um dos principais alimentos básicos o trigo é consumido sob várias formas por mais de um terço da população mundial, como massas alimentícias, pães, bolos e biscoitos (UTHAYAKUMARAN;

WRIGLEY, 2010; WANG; COPELAND, 2015). Este cereal é uma das três culturas que juntamente com o milho e o arroz, contribuem com a maioria dos nutrientes para os seres humanos em comparação com outros cereais (KUMAR; PRABHASANKAR, 2014).

Os grãos de trigo são compostos principalmente de amido (54,10 - 55,0%) e proteínas (13,70 - 15,20%) (WANG et al., 2015). O glúten é a proteína responsável pelas propriedades viscoelásticas da massa, sendo determinante na qualidade dos produtos acabados (WANG; JIN; XU, 2015).

1.4 AMIDO

O amido é uma importante fonte de reserva para vegetais, está presente nos plastídios de vegetais superiores, sendo abundante em grãos de cereais (40% a 90% do peso seco), leguminosas (30% a 50% do peso seco), tubérculos (65% a 85% do peso seco) e frutas imaturas ou verdes (40% a 70% do peso seco) (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; LAJOLO; MENEZES, 2006). Os seus polímeros são sintetizados no plastídio da célula vegetal, onde é acumulado durante o dia nas células das folhas, através de uma via biológica complexa denominada fotossíntese (LIU, 2005).

As principais fontes de amido comercial são sementes de cereais, como milho, trigo e arroz e também tubérculos e raízes, em especial batata e mandioca (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O amido é uma das mais importantes matérias-primas para uso industrial. Suas aplicações são limitadas na forma nativa, por ser insolúvel em água sob temperatura ambiente devido a essa estrutura semicristalina do grânulo, no entanto quando sua estrutura passa por processo de modificação química e física apresenta ampla aplicação industrial (LIU, 2005 ; JANE,2009). Na Tabela 3 podem ser observados exemplos de aplicação industrial do amido:

TABELA 3: Utilização industrial de amido.

Indústria	Utilização do amido/amido modificado	
	Função	Componente de formulação
Alimentícia	Agente emulsionante Espessante/gelificante	Filmes comestíveis Dextrina Adoçantes e xaropes
Papeleira	Dimensionamento e revestimento	Adesivo
Têxtil	Dimensionamento Finalização	
Farmacêutica	Estampagem Veículo Aglutinante Encapsulamento	
Perfuração de petróleo Detergente	Modificador de viscosidade Tensoativo Agente de suspensão Agente clareador	
Agrícola Plásticos	Cobertura de sementes	Pesticidas Embalagens de alimentos Fibra biodegradável
Cosmética		Cremes Talcos
Purificação Médica	Floculador Preservação de órgãos transplantado	Produtos sanitários absorventes
Combustível		Biocombustível e bioetanol

Fonte: Liu (2005); Bertolini (2010).

1.4.1 Estrutura química

Estruturalmente, o amido é composto por uma mistura de dois polissacarídeos denominados amilose e amilopectina, em proporções que variam de acordo com a espécie e grau de maturação da planta. A maioria dos amidos contém cerca de 25% de amilose e 75% de amilopectina. Por outro lado, alguns amidos são constituídos inteiramente por amilopectina e são denominados como cerosos, como, por exemplo, o amido de milho ceroso. A Tabela 4 apresenta a % de amilose em relação ao total de amido em algumas espécies vegetais (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

TABELA 4: Conteúdo de amilose de amidos de diversas fontes.

Fontes de amido	Teor de amilose (%)
Milho ceroso *	< 2
Milho	28
Milho com alto teor de amilose	50-70
Trigo	28
Tapioca	17
Batata	21

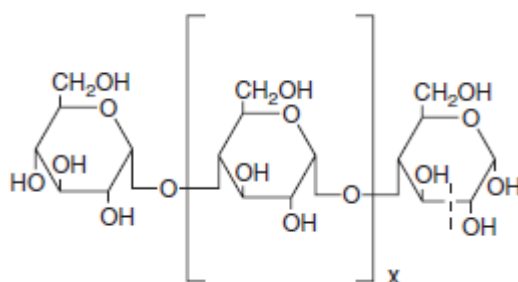
*Amido contendo só amilopectina.

Fonte: Damodaran; Parkin; Fennema (2010).

1.4.1.1 Amilose

A amilose (Figura 5) é um polissacarídeo formado por unidades de α -D-glicopiranosos unidas por ligações α (1 \rightarrow 4), originando uma cadeia essencialmente linear (LIU, 2005; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

FIGURA 5: Estrutura da amilose.



Fonte: Pérez; Baldwin e Gallant (2009).

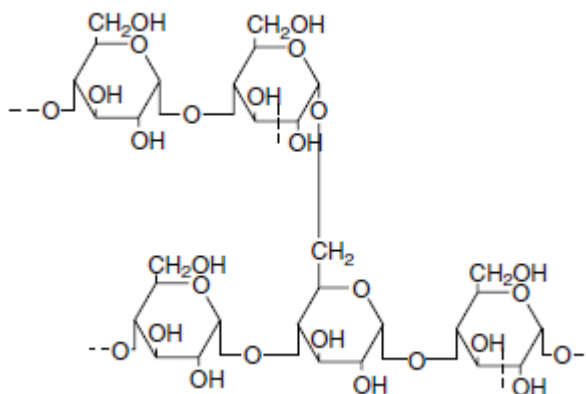
Normalmente a amilose assume a forma helicoidal, α -hélice, com átomos de hidrogênio no interior da hélice, enquanto na parte externa estão posicionados os grupos hidroxila. Essa estrutura pode acomodar átomos de iodo, que formam um composto de inclusão de cor azul intensa (SHANNON; GARWOOD; BOYER, 2009; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

1.4.1.2 Amilopectina

A amilopectina (Figura 6) é uma molécula ramificada formada por unidades de α -D-glicopiranosos unidas por ligações glicosídicas α (1 \rightarrow 4) com pontos de ramificação de α (1 \rightarrow 6) em 4 a 5% do total das ligações. A amilopectina é uma das

maiores moléculas encontradas na natureza, com massa molecular de 10^7 até 5×10^8 (BERTOLINI, 2010; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

FIGURA 6: Estrutura da amilopectina.

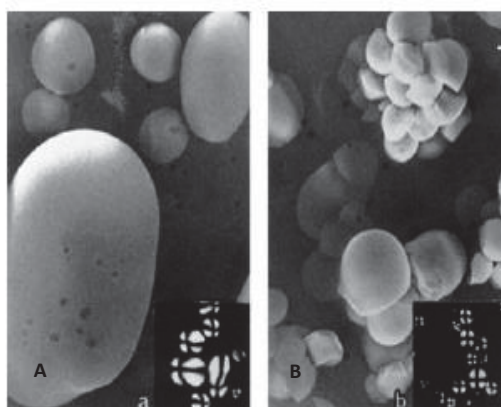


Fonte: Pérez; Baldwin e Gallant (2009).

1.4.2 Propriedades morfológicas do grânulo

O amido se organiza em partículas denominadas grânulos (Figura 7), cujo tamanho, forma, morfologia, composição e estrutura molecular dependem da origem botânica, por isso a avaliação da estrutura do grânulo de amido ao microscópio é uma forma de identificar a sua origem (RIBEIRO; SERAVALI, 2004; BERTOLINI, 2010).

FIGURA 7: Grânulos de (a) batata e (b) mandioca no aumento de 1000x.

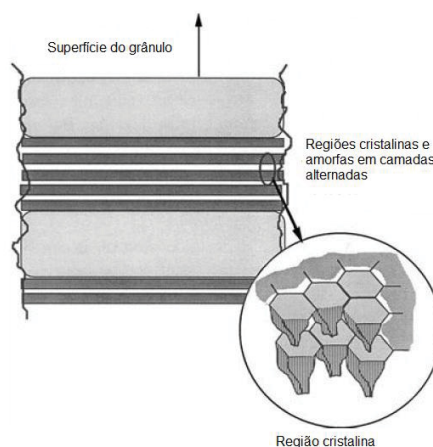


Fonte: Pérez; Baldwin e Gallant (2009).

Os grânulos de amido estão organizados em regiões cristalinas e amorfas (Figura 8). Na região cristalina concentra-se a amilopectina, resultando em uma estrutura densa, o que dificulta a entrada de moléculas de água e reações químicas ou enzimáticas (BILIADERIS, 1991; SAJILATA; SINGHAL; KULKARNI, 2006). As ramificações da amilopectina agrupadas apresentam-se sob a forma de duplas hélices empacotadas, resultando em regiões cristalinas (CEREDA, 2002). As regiões amorfas contêm amilose e pontos de ramificação de amilopectina, resultando em uma estrutura menos densa (MORRISON, 1995).

As regiões cristalinas e amorfas se organizam radialmente em camadas alternadas, essa disposição é evidente pela cruz de malta, que é visualizada sob luz polarizada (PÉREZ; BALDWIN; GALLANT, 2009), conforme detalha a parte escura da Figura 8. Ao centro da cruz encontra-se o hilum, que é origem de crescimento do grânulo (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004; LIU, 2005).

FIGURA 8: Arranjo cristalino e amorfo dentro de um anel de crescimento do grânulo de amido.



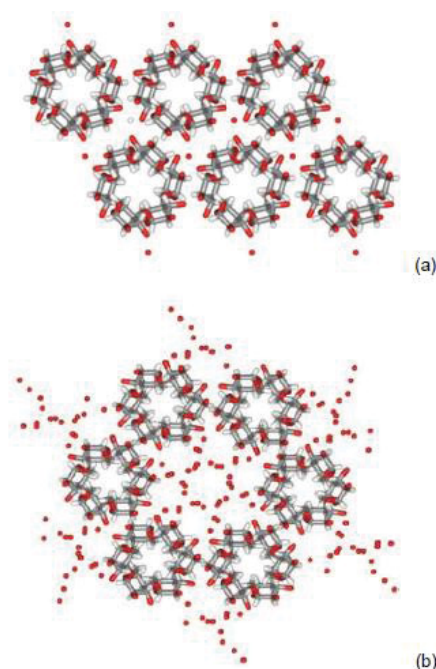
Fonte: Eliasson e Gudmundsson (2006).

1.4.2.1 Cristalinidade dos grânulos de amido

A amilopectina é predominantemente responsável pela cristalinidade do grânulo de amido, que varia de 15-45% de acordo com a origem botânica (BELLOPEREZ et al., 2010). O grau de cristalinidade é dependente do comprimento das cadeias de amilopectina, teor de água e do empacotamento das duplas hélices (ELIASSON; GUDMUNDSSON, 2006). Através da difração de raios X pode-se identificar a estrutura cristalina do amido em três tipos, que correspondem ao tipo A, B e C.

Na Figura 9 representa os amidos do tipo A e B. O tipo A está presente em cereais, sendo que em sua estrutura existem poucas moléculas de água entre as hélices, tornando-a mais compacta. O tipo B ocorre em amido de banana e tubérculos e apresenta uma estrutura mais aberta, permitindo a ligação com um maior número de moléculas de água (SAJILATA; SINGHAL; KULKARNI, 2006; DAMAGER et al., 2010).

FIGURA 9: Tipos de cristalinidade dos grânulos de amido. (a) Tipo A, (b) Tipo b. (Os pontos vermelhos representam as moléculas de água).



O tipo C é descrito como padrão intermediário entre os tipos A e B, sendo típico em amido de ervilhas e feijões (OATES, 1997; SAJILATA; SINGHAL; KULKARNI, 2006).

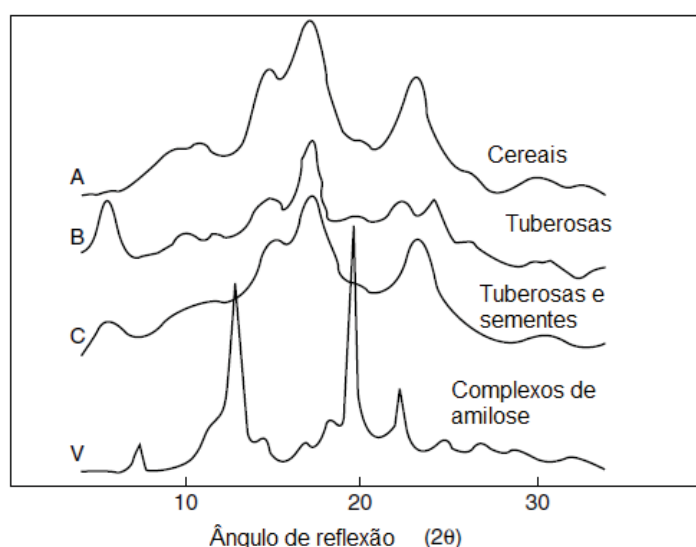
Um padrão adicional ocorre em grânulos que passam por processo de extrusão é designado como forma V (ELIASSON; GUDMUNDSSON, 2006; SAJILATA; SINGHAL; KULKARNI, 2006).

1.4.2.2 Difração de raios X

Os raios X são ondas de radiação eletromagnética de comprimento curto, que podem ser encontradas na região de 0,1 Å a 25 Å. (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

Informações da estrutura cristalina podem ser obtidas a partir da análise dos padrões de difração (Figura 10), que são definidos com base na intensidade relativa nas linhas de difração dos raios X, permitindo assim a classificação dos amidos (LIU, 2005; ASCHERI et al., 2010). O tipo A apresenta picos intensos para os ângulos de difração em 15,3°, 17,1°, 18,2° e 23,5°. Para o padrão tipo B os picos de maior intensidade situam-se nos ângulos de difração em 5,6°, 14,4°, 17,2°, 22,2° e 24°. Já para o padrão tipo C apresenta picos intensos nos ângulos de difração em 5,6°, 15,3°, 17,3° e 23,5° (ZOBEL, 1988).

FIGURA 10: Difratoogramas de raio X dos amidos tipo A, B e C.



Fonte: Liu (2005).

1.4.2.3 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

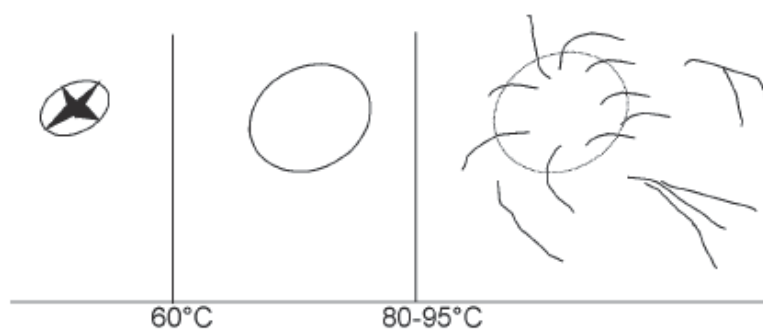
A microscopia eletrônica de varredura (MEV) pode fornecer informação sobre a superfície dos grânulos de amido, onde é possível observar o seu formato e tamanho (LEONEL, 2007).

1.4.3 Gelatinização e retrogradação do amido

Quando o amido entra em contato com água fria os grânulos intumescem em no máximo 10 a 20% devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas, sem perturbar as zonas cristalinas (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006).

Entretanto, quando o amido é aquecido em presença de água se atinge um ponto em que a energia fornecida promove um intumescimento irreversível nos grânulos de amido, resultando na perda da organização molecular e consequente perda da cristalinidade (birrefringência). Este processo leva à lixiviação da amilose, ou seja, ocorre um aumento da viscosidade e solubilização do amido (DOUZALS et al., 1996; MASON, 2009; COLONNA; BULEON, 2010). Todas essas mudanças fazem parte de um processo denominado gelatinização, que ocorre inicialmente nas regiões amorfas do grânulo, onde o aquecimento promove a quebra das ligações hidrogênio intermoleculares, em oposição ao que ocorre nas regiões cristalinas (SINGH et al., 2003). A Figura 11 ilustra o processo de gelatinização.

FIGURA 11: Representação esquemática do processo de gelatinização.



Fonte: Cereda (2002).

O fenômeno de gelatinização normalmente ocorre numa faixa de temperatura, que varia com origem botânica do amido (RIBEIRO, SERAVALLI, 2004).

As propriedades de gelatinização do amido estão relacionadas a fatores como: estrutura molecular da amilopectina (comprimento da cadeia, grau de ramificação e peso molecular), composição do amido (teor de amilose, amilopectina e fósforo), arquitetura dos grânulos (proporção da parte cristalina para parte amorfa), presença de lipídios e proteínas (TESTER, 1997; DEBET; GIDLEY, 2007). Amidos que exibem cristal do tipo A apresentam temperaturas de gelatinização mais altas que amidos com cristalização do tipo B (PÉREZ; BALDWIN; GALLANT, 2009).

Com o resfriamento as cadeias do amido gelatinizado tendem a se associar novamente em uma estrutura ordenada, provocando aumento da viscosidade e sinérese, este processo é conhecido como retrogradação (BERTOLINI, 2010).

As propriedades de retrogradação dependem de muitas variáveis, incluindo razão molecular entre amilose e amilopectina; pH; do arranjo estrutural das cadeias de amido nas regiões amorfa e cristalina do grânulo; da temperatura; da concentração de amido e da presença de tensoativos ou lipídios neutros, os quais dificultam a associação entre as cadeias (PERERA; HOOVER, 1999; RIBEIRO; SERAVALLI, 2004). A maior quantidade de amilose está associada ao maior grau de retrogradação de amidos, pois sua estrutura linear torna mais fácil a aproximação entre as cadeias (RIBEIRO, SERAVALLI, 2004; WEBER; COLLARES-QUEIROZ; CHANG, 2009). A amilopectina também desempenha papel importante na retrogradação principalmente quando apresenta cadeia longa (YUAN; THOMPSON; BOYER, 1993).

Quando o amido passa por processo de modificação podem ocorrer mudanças nas suas propriedades de retrogradação e gelatinização. Schwartz et al. (2014) relatou que a utilização de goma Konjac em amidos, em concentrações adequadas, proporciona aumento da temperatura de gelatinização. Além disso, durante o armazenamento a goma Konjac atuou como barreira física ao impedir a associação da cadeia de amilopectina, o que resultou na diminuição da tendência a retrogradação.

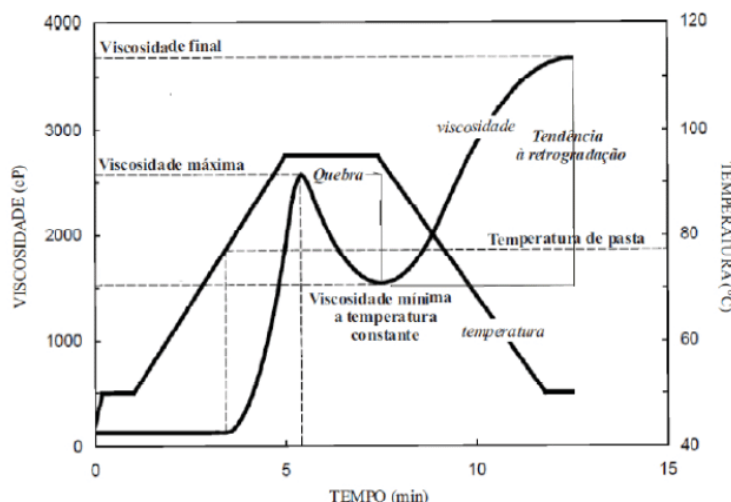
1.4.4 Propriedades reológicas do amido

As propriedades reológicas do amido têm sido amplamente investigadas usando-se o viscoamilógrafo Brabender ou Rápido Visco Analisador (RVA, *Newport Scientific Narabeen*, Austrália), onde são identificadas as transições de fase de gelatinização e retrogradação. Estas transições de fase mudam radicalmente as propriedades reológicas do amido (ELIASSON; GUDMUNDSSON, 2006; SILVA et al., 2008).

No RVA, durante a fase inicial de aquecimento da suspensão aquosa de amido, os grânulos começam a intumescer, registrando-se o aumento da viscosidade. Neste ponto, as moléculas de amilose começam a ser lixiviadas dos grânulos de amido. O pico da viscosidade é atingido durante o empastamento, onde a maioria dos grânulos estão totalmente intumescidos e o alinhamento molecular de qualquer polímero solubilizado ainda não ocorreu dentro do campo de atrito do instrumento (TSAI; LI; LII, 1997). O aquecimento posterior pode resultar na degradação da estrutura do amido acarretando na diminuição da viscosidade (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004). Com a retrogradação as moléculas de amido se reassociam provocando aumento da

viscosidade e essa fase é descrita como região de tendência à retrogradação (RAGAE; ABDEL-AAL, 2006). A Figura 12 demonstra o comportamento típico do amido em diferentes faixas e temperatura.

FIGURA 12: Curva de viscosidade típica do Analisador Rápido de Viscosidade (RVA)



Fonte: Oro et al. (2013)

Para a aplicação do amido em alimentos, o comportamento reológico nas diferentes faixas de temperatura é de fundamental interesse. As alterações da viscosidade durante o cozimento podem fornecer indicações da estabilidade, e as mudanças que ocorrem durante o resfriamento podem demonstrar a consistência do produto quando consumido (ELIASSON; GUDMUNDSSON, 2006). A viscosidade elevada durante o resfriamento permite manter as propriedades dos alimentos durante e após o processamento térmico (OLIVEIRA et al., 2009).

1.4.5 Análise térmica

Análise térmica é um conjunto de técnicas que permitem monitorar uma propriedade física ou química de uma substância, ou de seus produtos de reação, em função do tempo ou temperatura, sob uma atmosfera específica e uma programação controlada de temperatura (GIOLITO; IONASHIRO, 1988).

Os métodos de análise térmica distinguem-se nas propriedades medidas e nos programas de temperatura aplicados (HOLLER, SKOOG E CROUCH, 2009). Dentre as técnicas utilizadas estão: Termogravimetria, Termogravimetria Derivada (TG,

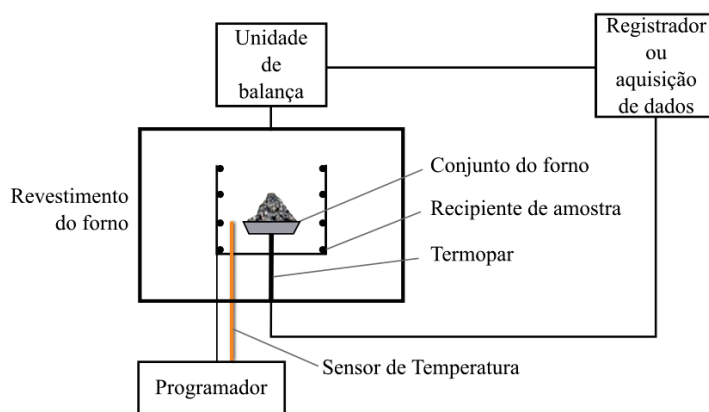
DTG), Análise Térmica Diferencial (DTA), Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). Estas técnicas permitem obter informações a respeito: da variação de massa, estabilidade térmica; água livre e água ligada; pureza, ponto de fusão, ponto de ebulição, calores de transição, calores específicos, diagramas de fase, cinética da reação e transições vítreas (GIOLITO; IONASHIRO, 1988).

1.4.5.1 Termogravimetria (TG)

A termogravimetria é uma técnica experimental utilizada para a avaliação e interpretação completa dos resultados é conhecida como análise termogravimétrica (TGA). Durante a análise a massa da amostra é registrada, em função da temperatura ou do tempo, quando está sendo submetida ao aumento de temperatura gradativo e controlado (HEAL, 2002; HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

As termobalanças são equipamentos precisos e modernos, controlados eletronicamente, que permitem a pesagem contínua de uma amostra em função da temperatura. Os componentes fundamentais da termobalança são a balança de precisão, o forno, o suporte da amostra (também chamado de cadinho), o sensor de temperatura, controle da atmosfera do forno, programador e sistema registrador (Figura 13) (IONASHIRO, 2004; VOGEL, 2008).

FIGURA 13: Principais componentes de uma termobalança.



Fonte: Vogel (2008).

Os fornos são construídos para operar desde a faixa da temperatura ambiente até 1000°C, embora alguns possam ser usados para temperaturas de até 1600°C. As

taxas de aquecimento podem ser selecionadas de 0,1°C/min a 100°C/min (IONASHIRO, 2004; HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

Os resultados são apresentados sob a forma de curvas podendo ser: (1) curva termogravimétrica (TG), que mostra o ganho ou a perda da massa em função da temperatura ou tempo; (2) curva termogravimétrica derivada (DTG), utilizada quando a amostra tem muitos estágios de decomposição, que muitas vezes se sobrepõe ou aparentam-se com ruídos, gerando curvas de má resolução. Utilizando a DTG torna-se possível identificar todos os estágios de decomposição durante a reação (HEAL, 2002).

De acordo com Ionashiro (2004), são várias as vantagens da DTG, como curvas de maior exatidão, as quais permitem indicar as temperaturas de início e o instante em que a velocidade das reações é máxima; distinção entre picos muito agudos; áreas dos picos referentes à perda ou ganho de massa, permitindo a análise quantitativa desses dados.

São vários os fatores que afetam, as análises termogravimétricas, podendo ser classificados em: instrumentais (velocidade de aquecimento, atmosfera do forno, geometria do suporte da amostra) e os relacionados às características da amostra como quantidade, tamanho, forma, composição, compactação, entre outros (BROWN, 1992; IONASHIRO, 2004).

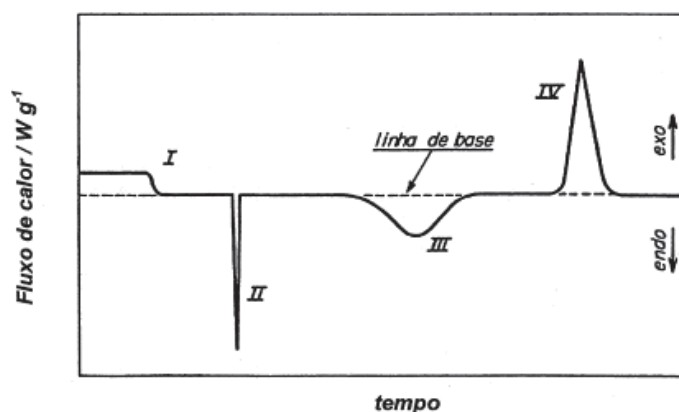
A análise termogravimétrica é considerada uma técnica limitada, pois pode ser aplicada somente em eventos em que ocorrem variações de massa da amostra. Como por exemplo, processo de dessorção, decomposição, oxidação, vaporização e sublimação (BROWN, 1992; IONASHIRO, 2004; HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

1.4.5.2 Análise térmica diferencial (DTA)

A análise térmica diferencial (DTA) é uma técnica que realiza medições diferenciais entre a temperatura da amostra (T_a) e temperatura de referência (T_r) em função da temperatura ou do tempo, de aquecimento e/ou resfriamento de forma linear (LAYE, 2002; IONASHIRO, 2004).

A técnica de DTA permite que sejam caracterizados picos exo e endotérmicos através da fusão, cristalização, solidificação, sublimação, oxidação, entre outros como pode ser verificado na Figura 14 (BROWN, 1992; BERNAL et al., 2002; IONASHIRO, 2004).

FIGURA 14: Curva genérica para experimento de DTA. I) Mudança de linha de base sem pico; II e III) Picos endotérmicos; IV) Pico exotérmico.



Fonte: Bernal et al. (2002)

Segundo Vogel (2008), a forma e a área dos picos fornecem informações sobre a natureza da amostra submetida à análise, sendo que picos endotérmicos agudos normalmente estão relacionados a mudanças de cristalinidade ou processos de fusão, já picos exotérmicos largos a reações de desidratação. E as reações químicas, como as de oxidação, são verificadas em curvas exotérmicas.

De acordo com Warrington (2002), é possível obter dados de variação de massa utilizando um equipamento de DTA, desde que este seja acoplado ao TG, sendo chamado de TG/DTA.

1.4.5.3 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

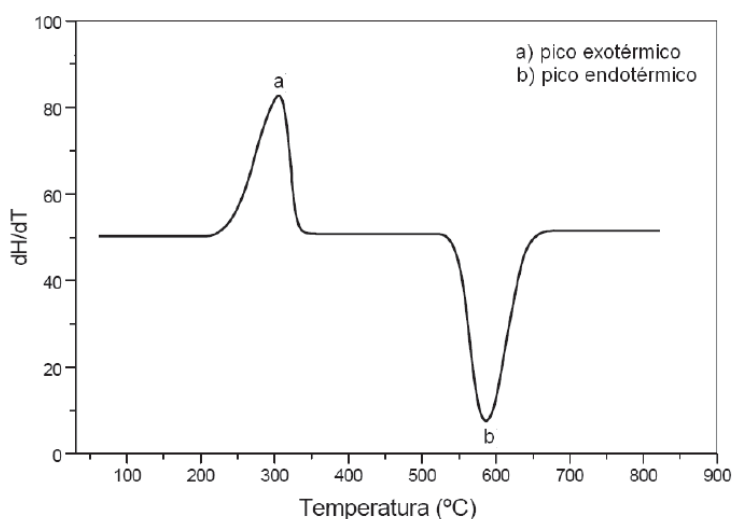
A calorimetria exploratória diferencial (DSC, do inglês *differential scanning calorimetry*) é uma técnica na qual mede-se a diferença de energia térmica fornecida à amostra e o material de referência em função da temperatura, enquanto ambos são submetidos a uma programação controlada de temperatura (IONASHIRO, 2004).

O DSC de fluxo de calor é uma das categorias de DSC mais utilizada. Neste tipo de instrumento a amostra e a referência são mantidas na mesma unidade, onde são acomodadas em seus respectivos suportes e colocadas sobre um disco de metal, sendo que, a troca de calor entre o forno e amostra ocorre pelo disco. Nesse instrumento mede-se a diferença entre os fluxos de calor para a amostra e para a referência, enquanto a temperatura da amostra varia em taxa constante (LAYE, 2002; HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

A análise de DSC tem sido muito utilizada no estudo de transição de fase nos sistemas aquosos de amido. A partir desta técnica é possível registrar as temperaturas e entalpias características de cada transição de fase ou evento térmico. Normalmente a primeira transição de fase detectada é atribuída a perda de cristalinidade do amido. Já o segundo evento registrado é atribuído à fusão do complexo amilose-lipídeo, para amidos que contêm lipídeos (WANG; CUI, 2005; COLONNA; BULEON, 2010).

A curva de DSC pode ser expressa como fluxo de calor/temperatura ou tempo ($\text{mW} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ou $\text{mW} \cdot \text{min}^{-1}$). A Figura 15, esquematizada por Ionashiro (2005), ilustra uma curva de DSC típica, onde é possível verificar picos endo e exotérmicos.

FIGURA 15: Curva típica de uma DSC.



Fonte: Ionashiro (2005).

As propriedades térmicas da farinha e amido da ervilha amarela (*Pisum Sativum* L.) foram estudadas por Chung e Liu (2012) pela técnica de DSC. Os amidos isolados a partir das cultivares de ervilha apresentaram temperaturas de transição significativamente mais baixas e maiores que a entalpia de transição de farinhas de ervilha. Este resultado pode ser atribuído à presença de componentes na farinha, tais como proteínas, fibras e lipídios.

1.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS FARINHAS

Os principais métodos empregados para avaliar o comportamento da massa são farinografia, alveografia e número de queda (AACC, 2000).

1.5.1 Farinografia

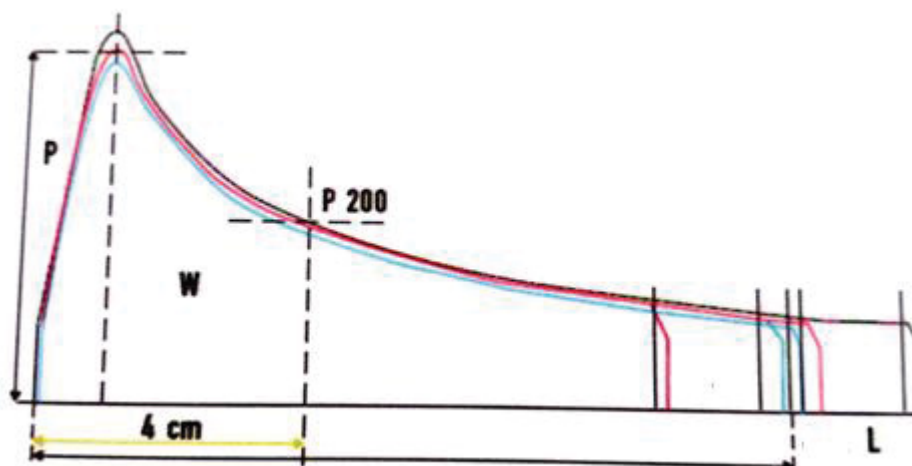
O teste de farinografia é realizado no equipamento denominado farinógrafo que mede e registra a resistência de uma massa durante a mistura. E ainda é utilizado para indicar as propriedades de mistura e processamento da massa de farinha de trigo (AACC, 2000).

Os parâmetros analisados influenciam no comportamento durante o processo de amassamento, sendo os principais a estabilidade (tolerância da massa à mistura), absorção de água (quantidade de água necessária para se obter a consistência requerida à massa), tempo de desenvolvimento da massa (intervalo de tempo da adição de água até o ponto de máxima consistência) e enfraquecimento (índice de tolerância à mistura) (MIRANDA; MORI; LORINI, 2009; SANTOS, 2015).

1.5.2 Alveografia

No teste de alveografia uma massa extrusada, preparada sob condições padronizadas, é insuflada por uma pressão de ar até a sua ruptura em um equipamento chamado alveógrafo. Este tipo de extensão simula a expansão de gás em uma massa durante o processo da fermentação (DUBOIS; DUBAT; LAUNAY, 2008, SANTOS, 2015). Através deste teste é possível determinar as características de tenacidade (P), força (W) e extensibilidade da farinha (L) (AACC, 2000). A Figura 16 ilustra uma curva alveográfica obtida a partir de um ensaio com amostra de farinha de trigo.

FIGURA 16: Curva alveográfica.



Fonte: SANTOS (2015)

P=Tenacidade; W=Força; L=Extensibilidade

A força (W) representa a energia de deformação da massa e indica a qualidade da farinha (força da farinha). A tenacidade (P) é relativa a resistência da massa à deformação e a extensibilidade (L) é a capacidade que a massa possui de se expandir sem romper (SANTOS, 2015; MIRANDA; MORI; LORINI, 2009).

Martinez, Oliete e Gómez (2013) avaliaram o efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de trigo extrusada (diferentes tratamentos de extrusão, tempo: temperatura) sobre as características reológicas das misturas e na qualidade final do pão. O teste alveográfico, aplicado sobre as misturas de farinha, revelou que a adição de farinha extrusada diminuiu a extensibilidade e aumentou a tenacidade da massa.

1.5.3 Número de queda

O número de queda, também conhecido por *falling number* (FN), tem como objetivo medir a atividade enzimática da alfa amilase presente na amostra de farinha de trigo. Esta atividade enzimática é expressa em segundos (AACC, 2000). Níveis crescentes de alfa amilase resultam em uma diminuição do número de queda, e de modo contrário ocorre com níveis mais baixos dessa enzima (GUARIENTI; MIRANDA, 2016). O método pode ser aplicado à farinha de trigo, farinha de trigo integral, centeio, cevada, e outros grãos que contêm amido (SANTOS, 2015). Muitos países utilizam o número de queda como componente de negociação. Os grãos de trigo podem ser

considerados de alta qualidade quando suas farinhas atingem valores do número de queda acima de 250, 300 s. Esses valores sofrem interferências de acordo com os padrões estabelecidos pelas indústrias de trigo em diferentes países (MARES; MRVA, 2008).

A atividade da alfa amilase já foi utilizada como objeto de estudo de grão de trigo híbridos sul africanos e suas linhas parentais em condições simuladas de chuva. A partir da análise de FN foi possível identificar os genótipos que possuíam baixos números de queda e determinar as condições do grão colhido na maturidade fisiológica de mais de 21 dias (EEDEN; LABUSCHAGNE, 2012).

1.6 FARINHAS MISTAS EM PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA

A farinha de trigo apresenta as propriedades tecnológicas para panificação. No entanto muitos pesquisadores incentivam o uso de farinhas mistas, onde parte da farinha de trigo é substituída. O objetivo dessa substituição é proporcionar um aumento na qualidade nutricional dos produtos panificáveis e correlatos (PIREZ et al., 2006; MARETI; GROSSAMANN; BENASSI, 2010; GUADARRAMA-LEZAMA et al., 2016).

Vários trabalhos têm sido realizados no desenvolvimento de novos produtos na área de panificação. Kaur et al. (2017) substituíram parcialmente a farinha de trigo por uma mistura de linhaça crua e torrada na elaboração de cookies, e obtiveram melhoria nas propriedades nutracêuticas.

1.7 BOLOS

Os bolos são cada vez mais apreciados e consumidos, consequentemente a demanda passa a ser maior (LIN et al., 2017). Dados da Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados constataram que em 2016 o consumo global de bolo foi cerca de 4500 mil toneladas por ano. No mesmo ano no Brasil o consumo foi de 125 mil toneladas, ocupando a 10ª posição de consumo no mundo (ABIMAPI, 2016).

De acordo com Ed-Dash e Camargo (1982) o bolo é obtido pela mistura e posterior cozimento da massa, que é preparada com farinhas, fermentadas ou não e acrescido de: leite, ovos e gordura. A farinha de trigo é o principal ingrediente na

formulação de um bolo, pois fornece a matriz em que os demais ingredientes são incorporados para a formação da massa.

Os *muffins* são elaborados com a mesma massa de bolo e assados em formas de mini bolos (ORTIZ, 2016). Estudos relatam a utilização de farinhas mistas na elaboração de *muffins*, como Antoniewska et al. (2018) substituíram parte da farinha de trigo por uma mistura de flocos de trigo sarraceno e farinha de amaranto e obtiveram um acréscimo nas propriedades nutricionais e antioxidantes do produto final. L. Marchetti, Califano e Andrés (2018) substituíram parte da farinha de trigo pela farinha de bagaço de nozes pecan na elaboração de *muffins* e obtiveram um produto mais macio (dureza menor), porém de coloração mais escura.

1.8 ANÁLISE SENSORIAL

De acordo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1993) a análise sensorial é uma disciplina científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características de alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição.

A análise sensorial consiste em um conjunto de técnicas elaboradas e sensíveis com a finalidade de avaliar as respostas humanas aos alimentos e outros produtos (DRAKE, 2007). Para alcançar esse objetivo a sensorial pode ser aplicada para avaliar a seleção da matéria-prima a ser utilizada em novos produtos, o efeito do processamento, a qualidade da textura, o sabor, a estabilidade de armazenamento, a reação do consumidor, entre outros (TEIXEIRA, 2009). Também pode ser correlacionada com análises instrumentais (KIM; JANG; KWANG-GEUN, 2017).

Os testes objetivos são divididos em discriminativos e descritivos (KEMP; HOLLOWOOD; HORT, 2009). Os discriminativos medem a intensidade dos atributos e descrevem o produto com diferenciação qualitativa e/ou quantitativa (MEILGAARD, CIVILLE, CARR, 1999). Os descritivos descrevem quantitativa e qualitativamente os produtos e utilizam escalas de intervalo ou de proporção (NASSU, 2007).

Os testes subjetivos são conhecidos como testes afetivos que expressam a opinião pessoal do julgador. Podem ser realizados por pessoas não treinadas, que por meio do teste expressam sua reação espontânea, que geralmente é influenciada por suas experiências sensoriais, religiosas e sociais (CAVALHEIRO; CARDELLO, 2004; KEMP; HOLLOWOOD; HORT, 2009).

O método a ser escolhido para a análise sensorial se dá através da análise da situação do produto em desenvolvimento, pois para cada caso há um tipo de método apropriado (CAVALHEIRO; CARDELLO, 2004; NASSU, 2007). A Tabela 5 apresenta os grupos de métodos sensoriais com seus respectivos testes que podem ser aplicados.

TABELA 5: Relação dos métodos com os testes sensoriais.

Métodos	Testes
Discriminativos	<ul style="list-style-type: none"> • Comparação pareada • Triangular • Duo-Trio • Ordenação • Comparação múltipla
Descritivos	<ul style="list-style-type: none"> • Perfil de sabor • Perfil de textura • Análise descritiva quantitativa • Análise tempo-intensidade • Perfil livre
Afetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Pareado-preferência • Ordenação-preferência • Aceitação (com uso da escala hedônica)

Fonte: IAL (2008)

1.8.1 Testes de aceitação

Os testes de aceitação são aplicados com objetivo de conhecer o nível de aceitação do produto (MEILGAARD, 2006). Nestes testes utilizam-se escalas, que podem ser balanceadas ou não balanceadas. As balanceadas são as mais utilizadas, por apresentarem igual número de categorias positivas e negativas, sendo consideradas mais discriminativas, ao contrário das escalas não balanceadas (REIS; MINIM, 2013).

Entre as escalas, a hedônica de nove pontos é a mais utilizada (CARPENTER; LYON; HASDELL, 2000). Ela é aplicada para o consumidor expressar o quanto gosta ou desgosta de um determinado produto, em relação a um atributo específico. As escalas apresentam extremidades que variam gradativamente entre os termos “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo” (IAL, 2008; KEMP; HOLLOWOOD; HORT, 2009).

Para este tipo de teste os julgadores podem ser selecionados ao acaso, porém sugere-se que sejam membros da população consumidora do produto, e que o número de julgadores varie entre 50 e 100 (IAL, 2008; REIS; MINIM, 2013).

As amostras devem ser apresentadas aos julgadores de forma monádica, codificadas com números de três dígitos aleatórios. Em seguida os julgadores são orientados a avaliar cada amostra apresentada, e expressar a sensação percebida na ficha da escala hedônica (REIS; MINIM, 2006).

A estabilidade das respostas obtidas por esta análise pode ser utilizada como referência sensorial de um determinado produto. Essa repetitividade é importante para indústrias que procuram desenvolver um banco de dados para seus produtos, além de poder ser instrumento de avaliação nas mudanças de formulação (STONE; BLEIBAUM; THOMAS, 2012).

Os resultados obtidos na avaliação sensorial do produto podem ser tratados estatisticamente por meio da análise de variância (ANOVA). Em seguida, o teste de Tukey é recomendado para comparação entre as médias (DUTCOSKY, 2013).

1.8.2 Teste de ordenação

O teste de ordenação tem como objetivo comparar as amostras, com relação à um atributo específico ou de sua preferência (IAL, 2008). Através deste teste é possível o pesquisador concluir se existe uma preferência significativa por um determinado produto, porém a magnitude dessa diferença não é indicada (IAL, 2008; KEMP; HOLLOWOOD; HORT, 2009).

Normalmente o teste de ordenação é aplicado para a pré-seleção de amostras (critério discriminativo ou em preferência hedônica), para determinação dos níveis de diluição de um sabor ou aroma e na determinação da ordem de preferência em teste hedônico global (DUTCOSKY, 2013).

O julgador recebe três ou mais amostras codificadas com números de três dígitos, de maneira aleatória, com a solicitação de que distribua as amostras em ordem crescente ou decrescente da intensidade do atributo específico ou mais preferido. Este método permite ordenar várias amostras em uma mesma sessão, porém recomenda-se o máximo de 6 amostras por sessão (IAL, 2008; CARNEIRO; MINIM, 2013).

Os dados obtidos são tabulados, a seguir obtém-se a soma de ordens dos julgadores de cada amostra. Em seguida, as diferenças significativas entre as amostras podem ser estabelecidas pelo teste de Friedman utilizando a tabela de Newell e MacFarlane (IAL, 2008).

O número de julgadores depende do objetivo do teste. Para o teste de preferência recomenda-se, no mínimo 60 julgadores (DUTCOSKY, 2013). Alguns estudos utilizam o teste de ordenação preferência para selecionar amostras. Chiste e Cohen (2011) verificaram a influência da etapa de fermentação da raiz de mandioca sobre a aceitação sensorial de farinha de mandioca d'água, utilizando o teste de ordenação preferência. O teste revelou que os julgadores apresentaram preferência pelo sabor da farinha de mandioca com maior acidez. Kuda et al. (2017) avaliaram a melhoria na qualidade nas carnes de tubarão azul, tubarão-salmão e carne de frango pela adição de soluções de imersão contendo 10% de sacarose e 5% de NaCl, com ou sem a adição de uma suspensão de extrato aquoso de farelo de arroz ou extrato aquoso de farelo de arroz fermentado. A utilização dessas soluções tinha como objetivo reduzir o teor de amônia, que é responsável pela produção de odores indesejáveis. O teste de ordenação preferência foi aplicado para selecionar os melhores tratamentos sobre as carnes. Simas et al. (2009) estudaram o efeito de substituição da mistura de farinha de arroz (70%) e amido de milho (30%) pela farinha de palma real (0 a 30%) sobre a aceitação sensorial de cookies sem glúten, utilizando o teste de ordenação preferência. Os *cookies* com as concentrações intermediárias de farinha de palma (10 a 20%) foram os preferidos no teste de aceitação.

EXPERIMENTO 1 – CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO E FARINHA DE ERVILHA

RESUMO

O amido é um polissacarídeo encontrado amplamente na natureza. A ervilha (*Pisum sativum* L.) é uma leguminosa fonte de proteínas, fibras e amido. O objetivo desse trabalho foi analisar a farinha e amido de ervilha por meio de composição centesimal, técnicas termoanalíticas (termogravimetria e análise térmica diferencial - TG/DTA, calorimetria exploratória diferencial - DSC), técnicas estruturais (microscopia eletrônica de varredura - MEV e difratometria de raios-X - DRX) e reológicas (propriedade de pasta - RVA). O amido de ervilha foi extraído em laboratório por método aquoso e apresentou rendimento de 18,57%. Por meio da composição centesimal foi possível quantificar a umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras e carboidratos da farinha e amido de ervilha. As curvas termogravimétricas apresentaram três perdas de massa características, cada uma delas referente a um evento térmico. A análise de calorimetria diferencial de varredura mostrou que as temperaturas de gelatinização (T_p e T_c) foram significativamente superiores no amido puro quando comparado à farinha de ervilha. O sistema de visco-análise mostrou viscosidade de pico, viscosidade final, quebra e tendência à retrogradação significativamente maiores para o amido. Por meio das imagens obtidas através da microscopia eletrônica de varredura, foi possível observar grânulos de formato oval, elipsoide ou arredondado. A análise de difratometria de raios X mostrou o padrão tipo C para o amido e farinha de ervilha. Os resultados mostraram que a farinha de ervilha apresentou comportamento diferenciado dos obtidos para o amido, devido a outros elementos presentes na farinha.

Palavras-chave: Ervilha. Amido. Farinha. Análise térmica.

ABSTRACT

Starch is a polysaccharide extensively found in nature. Pea (*Pisum sativum* L.) is a legume rich in proteins, fiber and starch. The objective of this experiment was to analyze pea flour and pea starch through centesimal composition, thermoanalytical techniques (Thermogravimetric and Differential Thermal Analysis – TG/DTA, Differential Scanning Calorimetry - DSC), structural techniques (Scanning Electron Microscopy – SEM and X-ray diffractometry – DRX) and rheological (Pasting Properties – RVA). Pea starch was extracted utilizing an aqueous method and presented a yield of 18.57%. Through centesimal composition, it was possible to quantify the flour and pea starch components. The thermogravimetric curves exhibited three mass losses, each one referring to a thermal event. Differential Scanning Calorimetry analysis demonstrated higher gelatinization temperatures (T_p and T_c) in the pure starch, in comparison to pea flour. The visco-analysis system showed significantly higher peak viscosity, final viscosity, break and setback for the starch. Through the images obtained by scanning electron microscopy, it was possible to observe the granules oval, ellipsoid or spherical shape. X-ray diffractometry analysis showed the C-type pattern for starch and pea flour. The results demonstrated different behaviors between pea starch and flour, due to other elements present in the flour.

Keywords: Pea. Starch. Flour. Thermal Analysis.

1 INTRODUÇÃO

A ervilha (*Pisum sativum* L.) é uma leguminosa amplamente cultivada pelo mundo. São sementes nutritivas, sendo boa fonte de proteínas, fibras e carboidratos. O carboidrato mais abundante na ervilha é o amido (22-45%) (HOOVER; SOSULSKI, 1991; FRIAS et al., 2011; LATIFA et al., 2013).

O amido é um polissacarídeo encontrado amplamente na natureza. Devido à sua alta disponibilidade, o amido pode ser considerado a principal fonte de energia para os seres humanos. Composto de dois polímeros, a amilose (cadeia essencialmente linear e simples) e amilopectina (cadeia ramificada), é responsável por inúmeras propriedades funcionais em diferentes indústrias (têxtil, farmacêutica e alimentícia). Suas aplicações são limitadas em sua forma nativa, no entanto, quando passa por processo de modificação potencializa-se seu emprego industrial (LIU et al., 2017; VANIER et al., 2017).

A ervilha é uma fonte de amido relativamente de baixo custo quando comparada às outras fontes, como de trigo e batata. É caracterizado por apresentar alto conteúdo de amilose e amido resistente (WANG; COPELAND, 2015). Devido ao seu alto teor de amilose, o amido de ervilha é um material formador de filme biodegradável. Geralmente o amido é misturado a materiais como acetato de polivinila (PVA) para a elaboração destes filmes, que podem ser utilizados como embalagens em alimentos sensíveis ao processo de oxidação, devido à baixa permeabilidade ao oxigênio (CANO et al., 2015).

Dada a importância da ervilha, se faz necessário uma melhor compreensão da relação entre as características estruturais e propriedades funcionais de seus amidos (LIU et al., 2015).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e caracterizar, o amido e farinha de ervilha, por meio de um estudo das características físico-químicas, térmicas, reológicas e instrumentais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

A ervilha (*Pisum sativum* L.) variedade Mikado (lote 11/06) foi fornecida pela EMBRAPA hortaliças, localizada em Brasília-DF. As amostras secas foram enviadas em 2015 e são provenientes de plantas expostas ao sol. Após selecionada, a ervilha foi sanitizada com solução de hipoclorito de sódio (150 mg. L⁻¹) por 15 min, e a seguir lavadas em água corrente (MORETTI, 2001). Em seguida os grãos foram submetidos a secagem em estufa com circulação de ar a 40°C durante 24 h. Após secos, os grãos foram moídos em moinho de facas.

2.1.1 Extração do amido

O amido de ervilha foi isolado a partir da farinha de ervilha, previamente processada. A farinha de ervilha foi suspensa em água na proporção de 1:5 (farinha:água) à temperatura ambiente e mantida sob agitação durante 10 minutos. O material obtido foi peneirado (150 e 270 mesh, respectivamente) e lavado com água corrente para a retirada do amido livre do bagaço. Após 1 hora de repouso descartou-se o sobrenadante. O amido retido no fundo recipiente foi centrifugado a 9500 rpm durante 5 min. A camada superficial foi descartada para a eliminação de proteínas e outros componentes aderidos ao amido. Este procedimento foi repetido durante 3 vezes. A camada inferior, referente ao amido foi seca em estufa de circulação de ar a 40°C durante 24 h. A amostra foi mantida em dessecador com cloreto de cálcio anidro até massa constante (BET et al., 2016).

2.2 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA FARINHA E AMIDO DE ERVILHA

Os teores de umidade, lipídios, proteína e cinzas foram determinados através dos protocolos 925-10, 920-5, 960-52 e 923-03 da AOAC (2011). O teor de fibra dietética total foi determinado pelo boletim técnico n° TDFAB-3-SIGMA 2001 da AOAC (1997). Os carboidratos foram determinados por diferença de 100%.

2.3 ANÁLISES TÉRMICAS

2.3.1 Termogravimetria e Análise Térmica Diferencial

As curvas simultâneas de TG e DTA foram obtidas, utilizando o equipamento TG-50 (SHIMADZU-Japan), nas seguintes condições: massa amostra de 7 a 10 mg; microcadinhos de α -alumina; atmosfera de ar sintético a uma vazão de 150 mL min⁻¹; razão de aquecimento de 10 °C min⁻¹ variando de 30°C a 650°C. O programa TA 50 (SHIMADZU) foi utilizado para a obtenção dos valores de perda de massa observados nas curvas TG-DTA, enquanto que para a compilação das curvas utilizou-se software Origin 6.1. O equipamento utilizado foi previamente calibrado com um padrão de índio 99,99% (Ponto de fusão = 156,4 °C e ΔH_{fus} = 28,50 J g⁻¹) (RIBEIRO et al., 2014).

2.3.2 Calorimetria Exploratória Diferencial

A calorimetria exploratória diferencial (DSC) foi realizada no equipamento DSC 8500 (Perkin Elmer), previamente calibrado com padrão de índio 99,99% de pureza (Ponto de fusão = 156,4°C e ΔH_{fus} = 28,50 J g⁻¹). As curvas de DSC foram obtidas a partir de 2,5 mg de amostra em 10 μ L de água, para que a proporção fosse de 1:4 (amido: água). Os cadinhos de alumínio foram selados e mantidos em repouso durante uma 1 hora para equilibrar a umidade e ocorrer o intumescimento dos grânulos de amido. As curvas foram realizadas utilizando-se atmosfera de ar sintético com fluxo de 20 mL min⁻¹, taxa de aquecimento de 10°C min⁻¹ até 100°C. Para a compilação das curvas utilizou-se o software Origin 6.1 (HORNUNG et al., 2016).

2.4 PROPRIEDADES DE PASTA

Primeiramente aferiu-se a umidade da amostra em balança de infravermelho (Sartorius, Alemanha). Este valor de umidade foi utilizado para correção da massa da amostra. Após esse procedimento pesou-se 2,24 g de amostra em base seca, completando com 25,76 g de água destilada (ANDRADE et al., 2014).

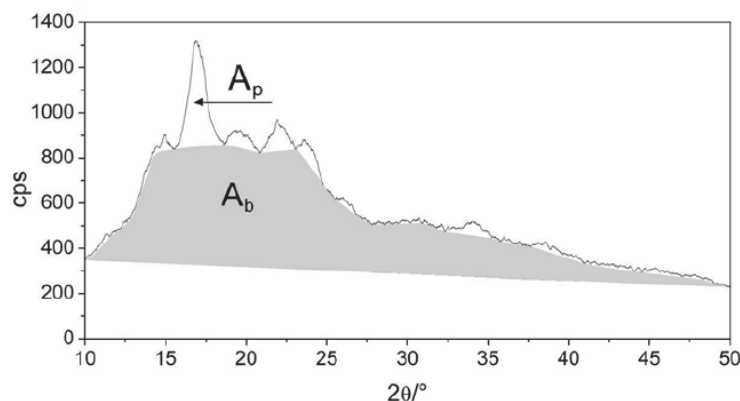
As propriedades de pasta da suspensão preparada foram determinadas em um viscoamilógrafo RVA-4 (Newport Scientific Pvt. Ltd., Austrália). A suspensão foi mantida durante 1 minuto à 50°C, aquecidas à 95 °C à uma taxa de 6°C min⁻¹. A temperatura de 95°C foi mantida durante 5 minutos. Em seguida a pasta foi resfriada a 50°C. Todo o processo teve a duração de 23 minutos. Foram registrados os

parâmetros de pasta, tais como, temperatura de pasta, viscosidade de pico, tempo de pico, retrogradação, quebra e viscosidade final. O software utilizado para obtenção dos dados e das curvas foi o Thermocline for Windows (TCW) (ANDRADE et al., 2014).

2.5 DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

A difratometria de raio X método pó foi obtida no difratômetro de raio X (modelo Ultima 4, marca *Rigaku*), empregando a radiação $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1.541 \text{ \AA}$) configurada a 40 kV e 20 mA. A radiação dispersa foi detectada no intervalo angular de 5 a 50° (2θ), com velocidade de escaneamento de $2^\circ \text{C min}^{-1}$ a um passo de $0,02^\circ$ (WEI et al., 2013). O grau de cristalinidade foi estimado utilizando-se o Software Microcal Origin 6.1. O difratograma foi previamente tratado com um *smoothing* de 10 pontos para considerar a região de picos entre 10° a 50° para o cálculo do grau de cristalinidade relativa (BET et al. 2016; HORNUNG et al., 2016). A Figura 17 demonstra os parâmetros utilizados para o cálculo da cristalinidade relativa.

FIGURA 17: Parâmetros para cálculo da cristalinidade
Ap: parcela cristalina; Ab: parcela amorfa.



Fonte: Zhang et al. (2009).

2.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada no equipamento VEGA3 do fabricante TESCAN (República Tcheca). Para realizar-se a análise utilizaram-se os seguintes parâmetros: 20 μm de escala de leitura, com 15-20 kV de tensão no feixe de elétrons, filamento de tungstênio e detector de elétrons retro-

espelhado. O equipamento tem como princípio a passagem de elétrons através da amostra, previamente preparada. Primeiramente a amostra foi fixada em uma fita adesiva de carbono e foi pulverizada com plasma de ouro e paládio. A leitura da imagem ocorreu por meio de um detector de elétrons que registrou as imagens e as transmitiu ao computador acoplado ao equipamento (ALBERTON, 2014; ANDRADE et al, 2014).

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram avaliados a partir do teste t utilizando o programa Statística versão 10.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RENDIMENTO DE EXTRAÇÃO

O rendimento de extração do amido de ervilha foi de 18,57%, utilizando extração exclusivamente aquosa. Chavan et al. (1999) realizou extração de amido de ervilha utilizando NaOH e obteve um rendimento de 30%, superior ao valor encontrado no presente estudo, devido ao método diferenciado de extração. Normalmente os rendimentos dos amidos extraídos utilizando reagentes como NaOH são superiores aos rendimentos de amidos obtidos por extração aquosa, porém optou-se pelo método aquoso para evitar uma modificação prévia na estrutura do amido, a qual pode acarretar em mudanças nas suas propriedades físicas e químicas.

3.2 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FARINHA E AMIDO DE ERVILHA

Os resultados da composição físico-química da farinha e amido de ervilha estão apresentados na Tabela 6. Estes resultados estão de acordo com os dados encontrados por Frias et al. (2011), que encontraram valores semelhantes para umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos. Caniatti-Brazaca (2006) encontraram valor semelhante para fibra. A fibra encontrada no amido foi devido ao método de extração utilizado.

O teor de proteína dos amidos de ervilha, é um indicativo da pureza dos amidos extraídos, em nosso estudo foi detectado um nível de 0,44% de proteína, valor comparável aos obtidos por Chung e Liu (2012). Os valores encontrados para umidade, lipídeos e cinzas concordam com os encontrados por Liu et al (2015). O teor de carboidratos refere-se predominantemente ao amido, porém em menor proporção podem ser encontrados açúcares livres (CARDOSO et al., 2012).

TABELA 6: Composição centesimal da farinha e amido de ervilha.

Componentes	Farinha de ervilha (%)	Amido de ervilha (%)
Umidade	8,85 ± 0,17 ^a	8,90 ± 0,11 ^a
Cinzas	3,11 ± 0,06 ^a	0,09 ± 0,01 ^b
Proteínas	23,92 ± 0,38 ^a	0,44 ± 0,00 ^b
Lipídeos	2,72 ± 0,11 ^a	0,30 ± 0,04 ^b
Fibras	2,34 ± 0,00 ^a	1,46 ± 0,00 ^a
Carboidratos	59,06 ± 0,00 ^b	88,81 ± 0,00 ^a

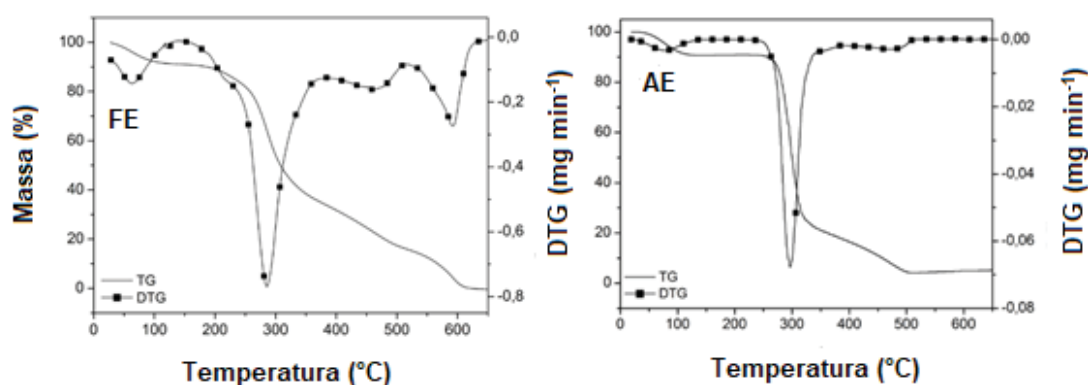
^{a,b} sobrescritas na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras.

3.3 ANÁLISES TÉRMICAS

3.3.1 Termogravimetria (TG)

As curvas termogravimétricas das amostras de farinha (FE) e amido de ervilha (AE) estão demonstradas na Figura 18. As temperaturas e percentagens de perda de massa de ambas as amostras estão apresentadas na Tabela 7. A partir dos dados apresentados pode-se observar perdas de massa, que ocorreram em três etapas, sendo cada uma delas referente a um evento térmico. A primeira etapa é referente a desidratação. Após esta perda foi possível observar uma estabilidade na amostra de amido (AE), que é comportamento característico de amidos. A segunda e a terceira etapa referem-se à degradação da matéria orgânica (HORNUNG et al., 2015). Após a terceira etapa restam apenas as cinzas, que foram de 4,38% e 1,27% para a amostra (FE) e (AE), respectivamente. A amostra (FE) apresentou maior teor de cinzas, pois a farinha contém outros componentes além do amido. Os valores de cinzas encontrados na análise de TG foi maior que os encontrados na Tabela 6, devido à precisão deste equipamento ser maior. Pumacahua-Ramos et al. (2015) obteve comportamento semelhante em amido de *Mirabilis jalapa* L.

FIGURA 18: Curvas TG/DTG: (FE) farinha de ervilha e (AE) amido de ervilha.



O perfil encontrado nas curvas de TG foi semelhante ao encontrado em outros amidos nativos como amido de ervilhaca (BET et al., 2016), batata (ADAMOVICZ et al., 2015), amido de mandioca orgânica (CORDOBA et al., 2013) e pinhão (RIBEIRO et al., 2014).

TABELA 7: Resultados TG/DTG das amostras de: farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).

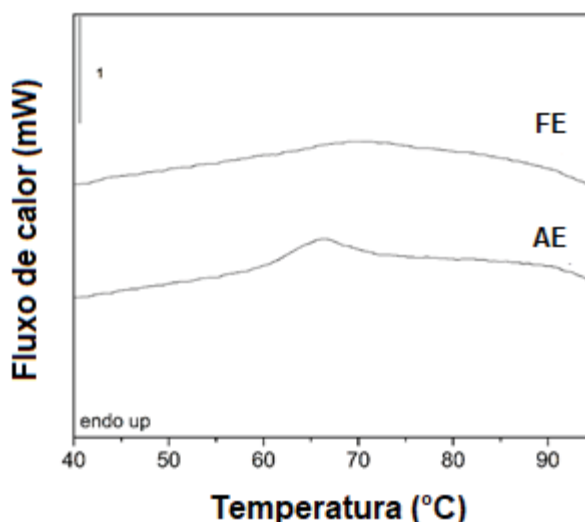
Amostra	Resultados TG e DTG			
	Etapa	$\Delta m/\%$	$\Delta T/^\circ\text{C}$	$T_p/^\circ\text{C}$
(FE)	1°	10,86	17-153	57,89
	2°	57,29	153-409	271,62
	3°	26,48	409-605	528,79
(AE)	1°	8,93	17-143	67,69
	Estabilidade	-	143-216	-
	2°	74,11	216-389	292,53
	3°	15,68	389-529	476,85

Δm , perda de massa (%); ΔT , diferença de temperatura ($^\circ\text{C}$); T_p , temperatura de pico ($^\circ\text{C}$).

3.3.2 Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

As curvas das amostras de farinha e amido de ervilha foram registradas a fim de se caracterizar o processo de gelatinização e seus parâmetros específicos. De acordo com os estudos de Douzals et al. (1996) ocorre a perda da organização molecular e a perda da viscosidade quando os grânulos são submetidos ao aquecimento. Fenômeno similar foi observado a partir das curvas de DSC (Figura 19) em que é possível classificar a gelatinização como um processo endotérmico.

FIGURA 19: Curvas DSC de: farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).



A partir da Tabela 8 pode-se observar que a farinha de ervilha (FE) apresentou temperaturas de pico e conclusão significativamente superiores aos valores encontrados para o amido de ervilha (AE). Essas diferenças podem ser atribuídas a presença de componentes não amiláceos da farinha, tais como proteínas, fibras e lipídios, que interferem na gelatinização (CHUNG; LIU, 2012).

TABELA 8: Resultados de gelatinização do DSC.

Amostra	Gelatinização DSC				
	$T_0/^\circ\text{C}$	$T_p/^\circ\text{C}$	$T_c/^\circ\text{C}$	$\Delta H_{\text{gel}}/\text{J.g}^{-1}$	Área (mJ)
(FE)	$61,65 \pm 0,13^a$	$69,28 \pm 0,01^a$	$76,03 \pm 0,08^a$	$4,00 \pm 0,09^b$	$4,68 \pm 0,11^b$
(AE)	$59,49 \pm 0,95^a$	$65,91 \pm 0,00^b$	$72,29 \pm 0,03^b$	$6,78 \pm 0,09^a$	$8,97 \pm 0,12^a$

^{a,b} sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as amostras.

(FE) Farinha de ervilha; (AE) amido de ervilha.

Os valores de temperatura de transição da farinha de ervilha encontrados no presente estudo foram semelhantes aos valores encontrados por Kaur, Sandhu e Singh (2007) em duas variedades de ervilha do campo ($59,4^\circ\text{C}$ – $59,5^\circ\text{C}$ para T_0 ; $65,5^\circ\text{C}$ para T_p e $73,3$ – $74,8$ para T_c).

Wang, Sharp e Copeland (2011) caracterizou sete cultivares diferentes de amido de ervilha, algumas delas se assemelharam aos valores obtidos para o amido obtido no presente estudo, outros foram superiores. Essas diferenças podem ocorrer devido às diferenças de maturidade fisiológica, condições climáticas e do solo e provavelmente o método de extração (BONNET et al., 2013).

3.4 PROPRIEDADES DE PASTA

Pelos valores obtidos no RVA observou-se uma menor viscosidade de pico final, além de um maior tempo de pico para a farinha de ervilha, o que pode ser observado na Tabela 9. De acordo com Chung e Liu (2012) a menor viscosidade da farinha de ervilha em relação ao amido isolado da ervilha se deve ao menor teor de amido na farinha, além da presença de proteína, lipídios e fibras.

TABELA 9: Resultados RVA das amostras: farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).

Am.	Temp. de pasta/ $^\circ\text{C}$	Viscosidade de pico/cP	Tempo de pico/seg	Tendência à retrogradação/cP	Quebra/cP	Viscosidade final/cP
(FE)	n.d	$80,00 \pm 0,71^b$	$12,13 \pm 1,27^a$	$65,00 \pm 1,41^b$	$3,00 \pm 0,35^b$	$142,00 \pm 1,34^b$
(AE)	$74,35 \pm 0,01^a$	$1274,00 \pm 0,07^a$	$8,47 \pm 0,42^b$	$1003,00 \pm 0,71^a$	$288,00 \pm 1,41^a$	$1989,00 \pm 0,35^a$

(*) cP “centipoises”, seg “segundos”.

^{a,b} sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as amostras.

n.d = não determinado

Am. = amostra

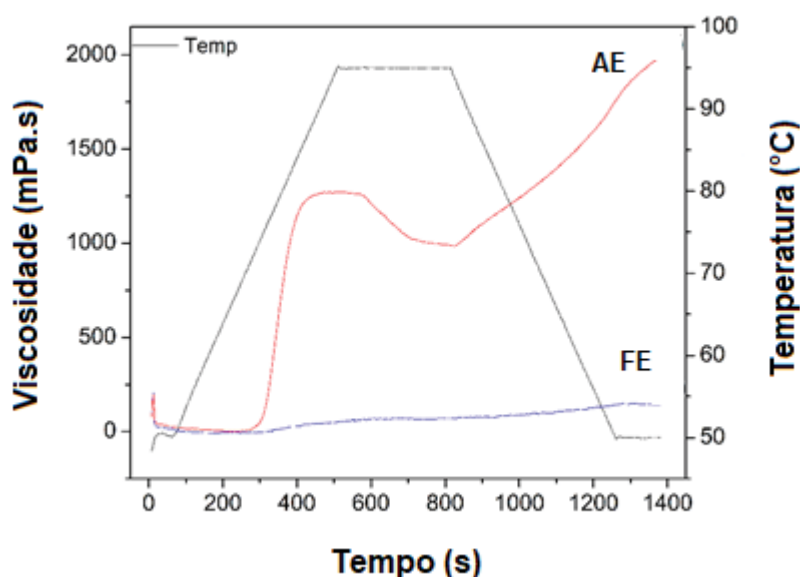
Temp = temperatura

Em relação ao valor de temperatura de pasta Liu et. (2015) obtiveram valores semelhantes no amido de ervilha do campo ($71,8^\circ\text{C}$ – $74,4^\circ\text{C}$), porém os valores de viscosidade final (2910cP – 3705cP), tendência à retrogradação (1295 cP – 1791 cP) e quebra (504 cP – 891 cP) foram superiores, devido às diferenças genotípicas, maturidade fisiológica, condições climáticas e do solo e método de extração (SIMSEK

et al., 2009; BONNET et al., 2013). No presente estudo optou-se pela extração aquosa para evitar uma modificação prévia no amido.

A partir das curvas de RVA (Figura 20) é possível observar que a tendência a retrogradação mostrou-se elevada no amido de ervilha (AE), aspecto muitas vezes indesejado para a indústria. Wang & Copeland (2012) observaram uma diminuição na tendência a retrogradação do amido de ervilha utilizando-se uma hidrólise alcalina.

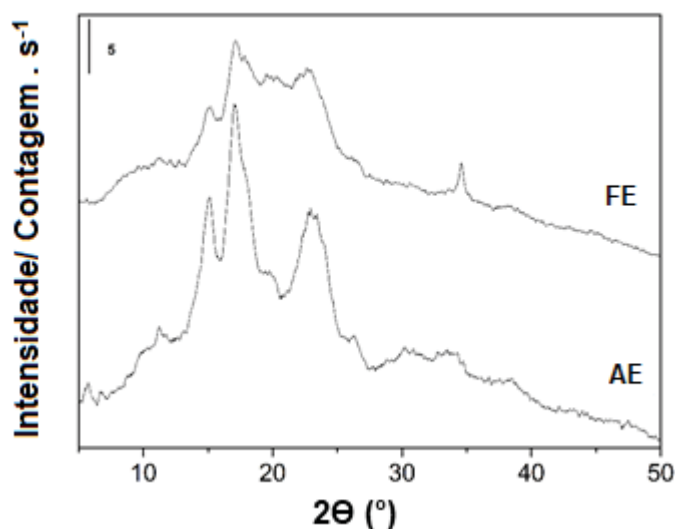
FIGURA 20: Curvas RVA: farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).



3.5 DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

Os padrões de difração de raios X de farinha e amido de ervilha observado a partir da Figura 21, com os seguintes picos: $2\theta = 15,09^\circ$, $17,12^\circ$, $22,63^\circ$ e $34,62^\circ$ $2\theta = 5,58^\circ$, $15,08^\circ$, $17,04^\circ$ e $22,92^\circ$. O perfil observado para a amostra de farinha e amido de ervilha foi semelhante ao obtido por Liu et al. (2015), característico do amido tipo C, com exceção do pico de $34,62^\circ$ encontrado na farinha. Na literatura não se encontra nenhum pico semelhante para amostras de amido, portanto sugere-se que seja uma interferência de outros elementos da farinha. O amido tipo C é uma mistura entre o tipo A (cereais) e o tipo B (tubérculos), normalmente encontrado em amido de leguminosas (HOOVER; RATNAYAKE, 2002).

FIGURA 21: Difratogramas de Raios-X das amostras de: farinha de ervilha (FE), e amido de ervilha (AE).



O padrão tipo A, presente nos cereais, apresenta picos intensos para os ângulos de difração em 15,3°; 17,1°; 18,2° e 23,5°. O padrão tipo B está presente em amido de banana e tubérculos (p. ex. batata) e seus os picos de maior intensidade situam-se nos ângulos de difração em 5,6°; 14,4°; 17,2°; 22,2° e 24°. Já para o padrão tipo C, presente e amidos de leguminosas, apresenta picos intensos nos ângulos de difração em 5,6°; 15,3°; 17,3° e 23,5° (ZOBEL, 1988; OATES, 1997; SAJILATA; SINGHAL; KULKARNI, 2006).

A cristalinidade relativa calculada (Tabela 10) mostra que houve diferença significativa entre os grânulos de amido das amostras. Os valores obtidos para o amido se apresentaram dentro do intervalo relatado por Chung et al. (2012).

TABELA 10: Grau de cristalinidade relativa para as amostras de: farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).

Amostra	Grau de cristalinidade relativa
(FE)	15,26 ± 0,12 ^b
(AE)	23,88 ± 0,19 ^a

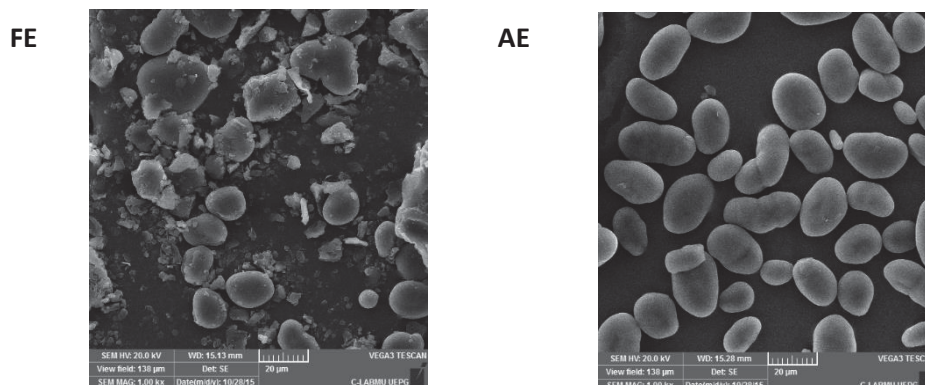
^{a,b} sobrescritas na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as amostras.

3.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Através das análises realizadas por MEV com aumento de 1.00 kx (Figura 22), foi possível verificar nas imagens que a maioria dos grânulos da farinha (FE) e amido isolado de ervilha (AE) possuem formato oval, elipsoide ou arredondado, condizendo

aos formatos encontrados por Simsek et al. (2009) e Raghunathan et al. (2017) em ervilhas.

FIGURA 22: Imagens obtidas no MEV (com a ampliação de 1.00kx) das amostras de Farinha de ervilha (FE) e amido de ervilha (AE).



Os diâmetros médios das amostras foram de $18,85 \pm 4,6 \mu\text{m}$ e $22,37 \pm 5,56 \mu\text{m}$ para farinha e amido de ervilha respectivamente. Não houve diferença significativa entre os diâmetros médios das amostras pelo Teste t a 5% de significância. Os valores se encontram dentro dos valores de diâmetros médios obtidos em leguminosas, que variam de 11 a 33 μm (HOOVER et al., 2010).

As superfícies dos grânulos do amido (AE) não ficaram completamente intactas, pois o método de extração utilizado não separa completamente o amido.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que a farinha de ervilha apresentou comportamento térmico, reológico e aspecto microscópico claramente diferenciado dos obtidos para o amido de ervilha. A extração por método aquoso do amido da farinha de ervilha apresentou um rendimento de 18,57%. Usando a técnica de DSC foi possível observar maiores valores de T_o , T_p , T_c e Δh_{gel} na farinha de ervilha. A análise de TG mostrou três características perdas de massa, sendo que restou maior número de cinzas em FE. O sistema de visco-análise revelou que os valores de viscosidade de pico e final foram maiores para o amido de ervilha, e que a sua tendência de retrogradação foi elevada. Todas as características foram diferenciadas, pois a farinha apresenta outros elementos além do amido em sua composição.

**EXPERIMENTO 2 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E REOLÓGICA DE FARINHAS
MISTAS DE TRIGO E ERVILHA**

RESUMO

A farinha de trigo especial (FT), farinha de ervilha (FE) e farinha de trigo integral (FTI) foram misturados em diferentes proporções, mediante a aplicação de um delineamento de misturas simplex-centroide, com a finalidade de avaliar o impacto das combinações nas propriedades físicas e reológicas da massa para utilização em *muffins*. Foi estabelecido o limite máximo de 80% e mínimo de 60% para FT. Para FE e FTI foi estabelecido o limite máximo de 30% e mínimo de 10%. O aumento da adição de FE contribuiu para que as farinhas ficassem mais escuras e verdes. As farinhas apresentaram-se com granulometria maior com o aumento da proporção FE e FTI. Ocorreram modificações das propriedades tecnológicas e físicas das farinhas mistas de acordo com os níveis de substituição. Esse comportamento foi observado pela redução do número de queda, estabilidade e força e pelo aumento da absorção de água, tempo de desenvolvimento e índice de tolerância à mistura da massa. Todos esses aspectos contribuíram para que a farinha com maior nível de substituição de FE se tornasse mais fraca (glúten mais diluído), mas adequada para a produção de *muffins*. Pode-se observar que o uso de farinhas mistas resultaram em características desejáveis e com desempenho satisfatório no processamento de *muffins*.

Palavras-chave: Farinha de Trigo. Farinha de Ervilha. Farinha Mista. Características Reológicas.

ABSTRACT

Wheat flour (WF), pea flour (PF) and whole wheat flour (WWF) were mixed in different ratios by applying a simplex-centroid mixture design, in order to evaluate the impact on physical and paste properties of these combinations for muffins formulations. The maximum limit of 80% and minimum of 60% for WF was established. For PF and WF, it was determined a maximum limit of 30% and minimum of 10%. The increased of PF in the mixture contributed to a darker and greener flour. The mixed flours presented larger particle sizes with higher PF and WF ratios. Modifications in the technological and physical properties of mixed flours have occurred according to the substitution level. This behavior was observed by lower falling number, stability and strength and by higher water absorption, development time and tolerance index. All these aspects had influence to weaken (more diluted gluten) the flour with higher levels of PF substitution but still be adequate for the production of muffins. It can be determined that the use of mixed flours resulted in a desirable and satisfactory performance in the muffins production.

Keywords: Wheat Flour. Pea Flour. Mixed Flour. Rheological Characteristics.

1 INTRODUÇÃO

A ervilha (*Pisum sativum* L.) é uma das culturas alimentares mais antigas no mundo. Ela é fonte de proteína, carboidratos, fibras, minerais e vitaminas (CANNIATTI-BRAZACA, 2006; SHI et al., 2014). Nesse sentido, surgem produtos panificados incorporados dessa leguminosa (LU; DONNER; LIU, 2018).

As padarias e confeitarias têm ampliado a oferta por produtos panificados artesanais e industrializados que oferecem benefício ao consumidor. Assim surgiram os pães com reduzido teor de açúcar, adicionados de grãos, com farinha integral entre outras inovações. Esses produtos diferenciados apresentam alterações no sabor e no valor nutricional, tornando-os atrativos aos consumidores (SEBRAE, 2017).

O trigo apresenta as propriedades ideais para a panificação, no entanto suas proteínas são deficientes em aminoácidos essenciais (PIREZ et al., 2006). Nesse sentido a utilização de farinhas mistas tem a finalidade de substituir parcialmente a farinha de trigo, proporcionando melhoria nutricional aos alimentos além de oferecer produtos diversificados aos consumidores (BORGES et al, 2006).

As farinhas mistas têm sido utilizadas em alimentos como pães, bolos e *cookies* (BORGES et al., 2006; OLIVEIRA; PIROZI; BORGES, 2007; MANCEBO; RODRIGUEZ; GOMEZ, 2016). A utilização de diferentes concentrações de farinha de ervilha, grão de bico e soja em *chips* melhoraram o valor nutritivo do produto final pelo aumento do teor proteico (KAYACIER; YÜKSEL; KARAMAN, 2014).

Os planejamentos experimentais para o estudo de misturas são largamente aplicados na ciência, particularmente no desenvolvimento de pães (MARTINBIANCO et al., 2013; BORSATO et al. 2014). O delineamento de misturas tem como objetivo diminuir o número de experimentos necessários para determinação de propriedades ótimas do sistema em estudo (GOMES et al., 2005). A partir desse tipo de delineamento a resposta que o pesquisador pretende obter depende da proporção de cada um dos componentes da mistura. As proporções dos componentes da mistura não são independentes, e a soma de todas deve totalizar 100%. Quando ocorre a mistura simultânea dos três componentes considera-se o modelo como cúbico e tem-se o planejamento experimental simplex-centroide (NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2010).

Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo aplicar o delineamento de misturas simplex-centroide na farinha de trigo especial, farinha de ervilha e farinha de

trigo integral, a fim de avaliar o comportamento da mistura da farinha de trigo especial, de trigo integral e de ervilha nas características físico-químicas e reológicas da massa para a utilização em *muffins*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

Foram utilizadas como matérias-primas farinha de trigo especial (FT), farinha de trigo integral (FTI), adquiridas do comércio local de Curitiba e a ervilha da variedade Mikado (lote 11/06) (FE), fornecida pela Embrapa Hortaliças (Brasília-DF). Para substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de trigo integral e farinha de ervilha (conforme descrito no experimento 1) os experimentos foram realizados em duas etapas. Na primeira etapa foi realizado o teste preliminar com a formulação base do *muffin* para verificar os níveis de cada farinha (TABELA 21, experimento 3). Na segunda etapa as proporções de cada farinha foram determinadas mediante a realização de um delineamento de misturas do tipo simplex-centroide.

As concentrações mínimas e máximas das farinhas foram de acordo com os valores estabelecidos na Tabela 11:

TABELA 11: Concentrações mínimas e máximas estabelecidas para farinha de trigo especial (FT) farinha de ervilha (FE) e farinha de trigo integral (FTI).

Componente	Mínimo (%)	Máximo (%)
FT	60	80
FE	10	30
FTI	10	30

Ao aplicar as especificações mencionadas (Tabela 11) no software Stastística 10.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA), encontrou-se a matriz com as combinações e os níveis de cada uma das farinhas, conforme a planilha gerada pelo programa (Tabela 12).

TABELA 12: Tabela do delineamento de misturas do tipo simplex-centroide gerada pelo software Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

Experimento	FT	FE	FTI
(a)	0,80	0,10	0,10
(b)	0,60	0,30	0,10
(c)	0,60	0,10	0,30
(d)	0,70	0,20	0,10
(e)	0,70	0,10	0,20
(f)	0,60	0,20	0,20
(g)	0,66	0,17	0,17

A partir das especificações na Tabela 12 determinaram-se os pseudocomponentes, conforme a equação 1. Estes valores foram utilizados para melhorar a visualização dos efeitos das variáveis independentes (teor das farinhas) sobre as variáveis dependentes (características físicas e reológicas das misturas entre as farinhas).

$$x_i = \frac{c_i - a_i}{1 - \sum_{i=1}^q a_i} \quad (\text{Equação 1})$$

No qual,

$$0 \leq a_i \leq c_i;$$

$\sum_{i=1}^q a_i < 1$, ou seja, a soma de todos estes componentes deve ser menor que 1:

$$i = 1, 2, 3, \dots, q;$$

q = número de componentes da mistura;

x_i = teor de componente, em termos de pseudocomponente;

c_i = proporção real do componente;

a_i = limite mínimo não-nulos da concentração do componente.

Assim, os ingredientes em estudo puderam ser expressos em pseudocomponentes, utilizando a equação 2 para FT, equação 3 para FE e equação 4 para FTI.

$$x_{FT} = \frac{c_{FT} - 0,60}{1 - 0,8} \quad (\text{Equação 2})$$

$$x_{FE} = \frac{c_{FE} - 0,10}{1 - 0,8} \quad (\text{Equação 3})$$

$$x_{FTI} = \frac{c_{FTI} - 0,10}{1 - 0,8} \quad (\text{Equação 4})$$

No qual,

x = teor do componente, em termos de pseudocomponente;

c = proporção real do componente.

O planejamento experimental, com os teores de cada ingrediente em valores reais e em pseudocomponente estão apresentados na Tabela 13. Introduziram-se duas repetições na experimento g (experimento h e i) para o cálculo do erro experimental.

TABELA 13: Delineamento experimental da farinha de trigo especial (FT), farinha de trigo integral (FTI) e farinha de ervilha (FE).

Experimento	Proporções das farinhas na mistura ternária					
	Concentrações reais			Pseudocomponentes		
	FT(C ₁)	FE (C ₂)	FTI (C ₃)	FT (X ₁)	FE (X ₂)	FTI (X ₃)
(a)	0,80	0,10	0,10	1	0	0
(b)	0,60	0,30	0,10	0	0	1
(c)	0,60	0,10	0,30	0	1	0
(d)	0,70	0,20	0,10	0,50	0	0,50
(e)	0,70	0,10	0,20	0,50	0,50	0
(f)	0,60	0,20	0,20	0	0,50	0,50
(g)	0,66	0,17	0,17	0,34	0,33	0,33
(h)	0,66	0,17	0,17	0,34	0,33	0,33
(i)	0,66	0,17	0,17	0,34	0,33	0,33

*FT: farinha de trigo especial; FE: Farinha de ervilha; FTI: Farinha de trigo integral.

C₁, C₂ e C₃ são as concentrações reais.

X₁, X₂ e X₃ são as concentrações em pseudocomponentes.

X₁ + X₂ + X₃ = 1 ou 100%

2.2 ANÁLISE FÍSICA DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E DE ERVILHA

2.2.1 Granulometria das farinhas mistas

A distribuição granulométrica das farinhas mistas foi determinada utilizando o equipamento Rotachoc Chopin e um conjunto de cinco peneiras arredondadas, com aberturas de 30, 40, 60 e 100 mesh (Método 965-22, AOAC, 2011).

2.2.2 Cor das farinhas mistas

Para a determinação dos parâmetros de cor das farinhas mistas foi utilizado o espectrofotômetro de reflectância MiniScan XE45/0-L Plus (Hunter Inc), que consiste na determinação de três componentes de cor: (L*) luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco), (a*), que varia de verde (negativo) a vermelha (positivo), (b*), que varia

de azul (negativo) a amarela (positivo), as duas últimas não possuindo limites numéricos específicos. O ângulo do observador empregado foi de 10°, a iluminante D65 e o equipamento foi calibrado utilizando-se padrões de cor fornecidos pelo fabricante.

A cor de cada farinha foi obtida pela leitura direta conforme Torbica, Hadnadev e Hadnadev (2012) e o resultado final obtido pela média dos valores dos parâmetros L, a* e b*.

2.2.3 Número de queda

Para a determinação do Número de queda (NQ) foi utilizado o aparelho *Falling Number* Perter®, de acordo com o Método 56-81 da AACC (2000), sendo o resultado expresso em segundos (s).

2.3 ANÁLISES REOLÓGICAS DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA

2.3.1 Farinografia

Para o teste de farinografia foi utilizado o Mixolab Chopin® e o método 54-60.01 da AACC (2010). Os parâmetros determinados foram: absorção de água (A), estabilidade (EST), tempo de desenvolvimento da massa (TD) e índice de tolerância à mistura (ITM).

2.3.2 Alveografia

A extensibilidade das massas foi determinada por meio do alveógrafo Chopin® e o Método 54-30 da AACC (2000). Os parâmetros avaliados foram tenacidade (P), extensibilidade (L) e força (W).

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As respostas obtidas na caracterização térmica e morfológica dos amidos foram submetidas à análise de variância (ANOVA). A seguir foi utilizada a regressão múltipla linear com base na metodologia da superfície de resposta (RSM) para propor

equações matemáticas, as quais podem explicar os efeitos de cada tipo de amido nas respostas das caracterizações dos amidos. A quantidade de cada uma das farinhas foi expressa em pseudocomponentes (Tabela 13). A Eq (5) mostra o modelo generalizado de equação usado para modelar os dados experimentais:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 \quad (\text{Equação 5})$$

Onde Y é a resposta estudada, β_1 , β_2 , β_3 , β_{12} , β_{13} , β_{23} e β_{123} são os coeficientes de regressão e X_1 , X_2 e X_3 são as variáveis independentes (tipos de amido).

A qualidade do ajuste do modelo foi avaliada pelo coeficiente de regressão (R^2) e o coeficiente regressão ajustado (R^2_{aj}). As respostas podem ser visualizadas nos gráficos de curvas de nível triangulares para cada variável dependente, com base nos modelos ajustados, utilizando o software Statística 10.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE FÍSICA DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA

3.1.1 Cor das farinhas mistas

A partir dos dados experimentais de cor obtidas no delineamento de misturas foram elaborados modelos matemáticos de regressão que expressam a relação entre os pseudocomponentes e as coordenadas de cromaticidade (L^* , a^* e b^*) da mistura das farinhas de trigo e ervilha. Assim, o modelo de regressão, o nível de significância (p) e o coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) para L^* , a^* e b^* das farinhas mistas de trigo e ervilha estão dispostos na Tabela 19.

Todos os modelos foram significativos ($p < 0,05$). Para a luminosidade (L^*) os efeitos da interação entre FE e FTI e da interação entre as três farinhas foram significativos. Em relação ao croma a^* foram significativos os efeitos de interação entre FT e FE e entre FE e FTI. Já para o croma b^* todos os efeitos foram significativos, com exceção da interação entre FT e FTI. Os dados contidos na Tabela 14 foram modelados através da metodologia RSM e estão apresentados na Tabela 19.

TABELA 14: Coordenadas de cromaticidade L^* , a^* e b^* do mix de farinhas de trigo e ervilha.

Experimento	Coordenadas de cromaticidade		
	L^*	a^*	b^*
(a)	84,97±1,85 ^e	-1,00±0,14 ^c	12,41±1,78 ^d
(b)	86,77±2,45 ^d	-2,26±0,18 ^g	15,31±1,12 ^a
(c)	88,60±0,83 ^c	-0,45±0,17 ^a	12,59±0,70 ^d
(d)	88,36±1,44 ^c	-1,76±0,36 ^f	14,17±1,55 ^c
(e)	88,19±1,24 ^{bc}	-0,70±1,63 ^b	12,50±0,58 ^d
(f)	88,77±0,81 ^c	-1,62±0,38 ^e	14,74±1,12 ^b
(g)	90,71±1,11 ^a	-1,41±0,23 ^d	14,01±1,43 ^c
(h)	90,38±0,44 ^{ab}	-1,42±0,34 ^d	14,04±0,44 ^c
(i)	90,68±2,69 ^a	-1,44±0,52 ^d	14,02±1,58 ^c
**DMS	1,21	0,05	0,23

(a) 80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI; (b) 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI; (c) 60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI; (d) 70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI; (e) 70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI; (f) 60% de FT; 20% de FE e 20% de FTI; (g) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (h) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (i) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI. FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

** DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Na Figura 23 (A, B e C), estão apresentados os gráficos de curvas de nível obtidos a partir dos modelos para as coordenadas de cromaticidade (L^* , a^* e b^*). A

luminosidade (L^*) aumenta com o aumento da concentração entre as três farinhas e diminui com o aumento da concentração de FE. Observou-se um aumento do croma a^* com o aumento da concentração da FTI e uma diminuição com a proporção crescente de FE. Já para o parâmetro b^* observou-se tendência de aumento quanto maior a concentração de FE e uma diminuição ao se aproximar de uma maior concentração do FT. Logo, as farinhas mistas apresentaram-se mais escuras, mais verdes e amarelas com o aumento da concentração de FE, pois quanto menor o valor do croma a^* a cor da mistura adquirindo tonalidade mais verde, correspondendo ao esperado. Rehman et al. (2007) observaram tendências semelhantes com farinhas mistas de trigo e ervilhaca, à medida que aumentava a substituição as farinhas mistas ficaram mais escuras.

3.1.2 Granulometria das farinhas mistas

A Tabela 15 apresenta a distribuição granulométrica das farinhas mistas de trigo e ervilha. Apenas os modelos matemáticos de regressão das peneiras de 30 mesh e 40 mesh foram significativos ($p < 0,05$). Para estes dois modelos o efeito interação entre FT e FTI foi significativo. Os dados contidos na Tabela 15 foram modelados através da metodologia RSM e estão apresentados na Tabela 19.

TABELA 15: Retenção de partículas no mix de farinhas de trigo e ervilha.

Experimento	Retenção de partículas (g/ 100g)					
	Abertura da malha (mesh)					
	30	40	60	80	100	>100
(a)	0,37	1,40	3,97	1,93	1,5	90,77
(b)	0,4	2,10	7,33	3,77	1,73	84,50
(c)	1,17	3,70	9,43	4,57	(3,20	77,83
(d)	0,7	2,40	6,10	2,90	1,37	86,37
(e)	0,87	2,87	7,30	3,57	3,30	81,40
(f)	0,87	3,27	8,7	4,20	2,83	79,90
(g)	0,7	2,80	7,47	3,70	3,70	81,40
(h)	0,73	2,67	7,10	3,57	4,80	80,40
(i)	0,73	2,70	7,00	3,53	7,30	78,60

(a) 80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI; (b) 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI; (c) 60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI; (d) 70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI; (e) 70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI; (f) 60% de FT; 20% de FE e 20% de FTI; (g) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (h) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (i) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI. FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

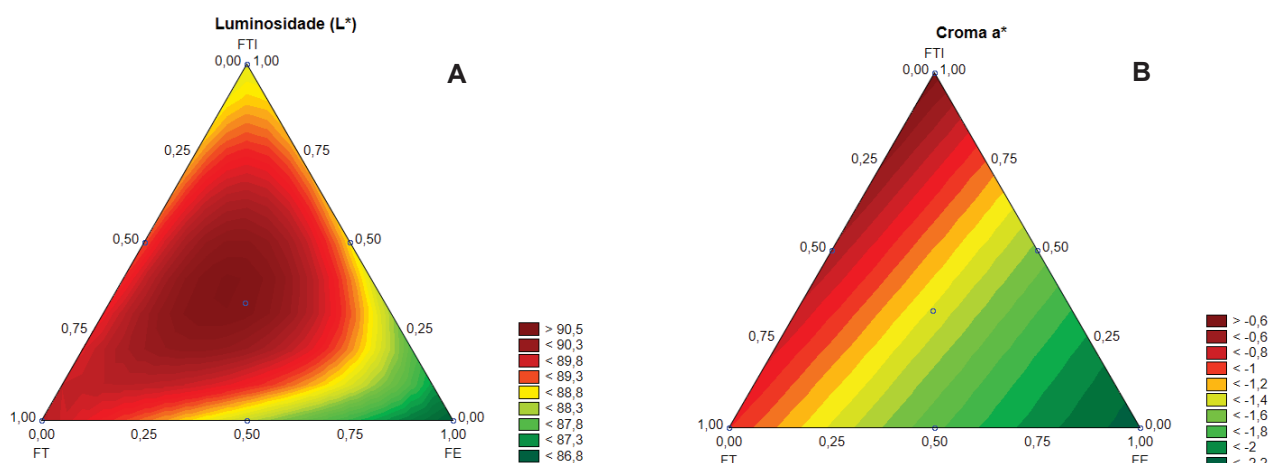
Na Figura 23 (D e E) estão apresentados os gráficos de curvas de nível obtidos a partir dos modelos de regressão das peneiras 30 mesh e 40 mesh. Para os dois

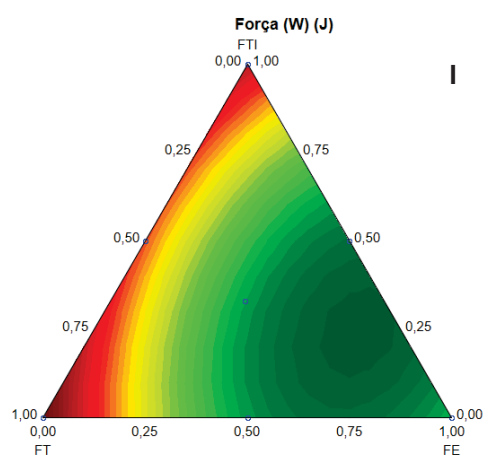
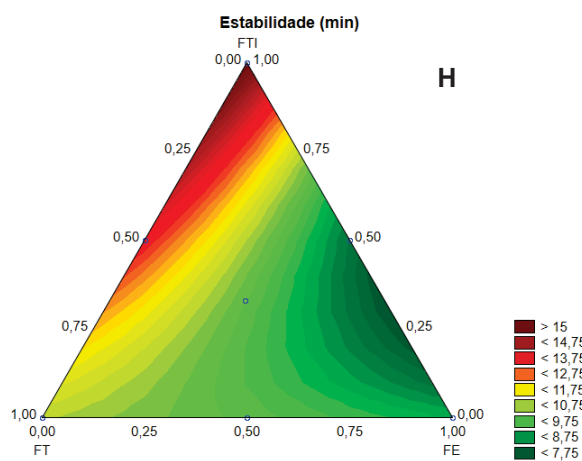
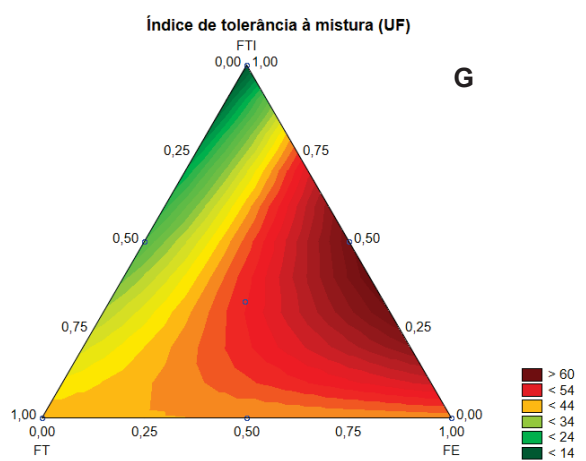
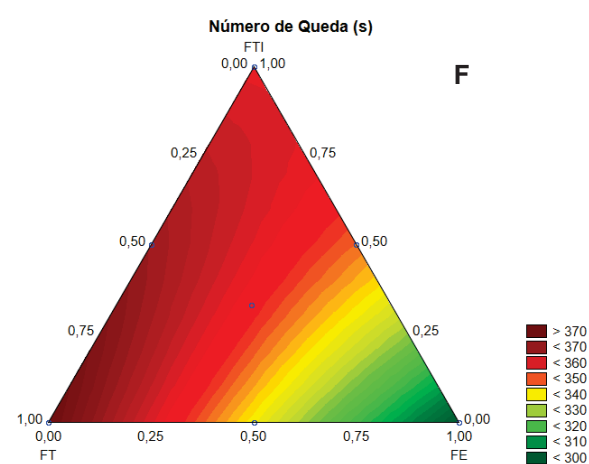
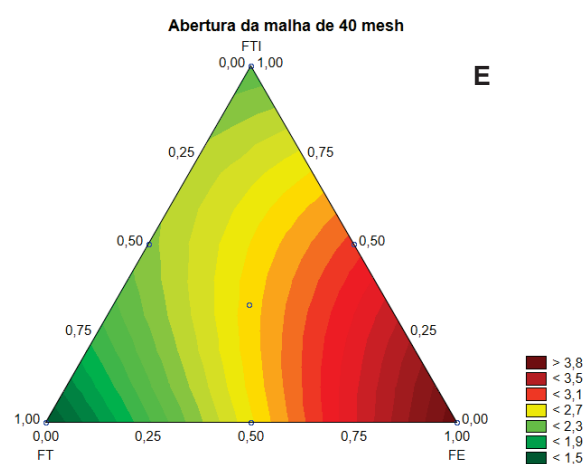
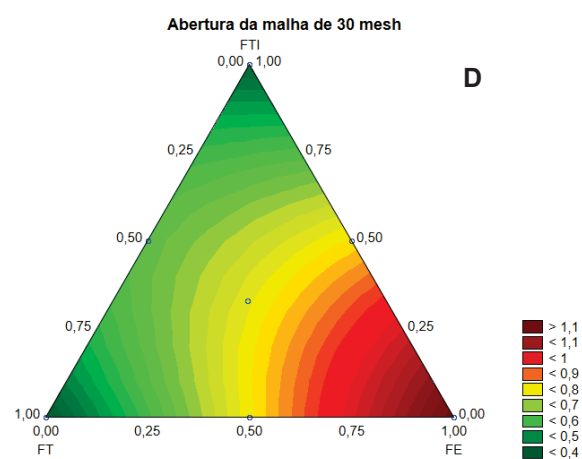
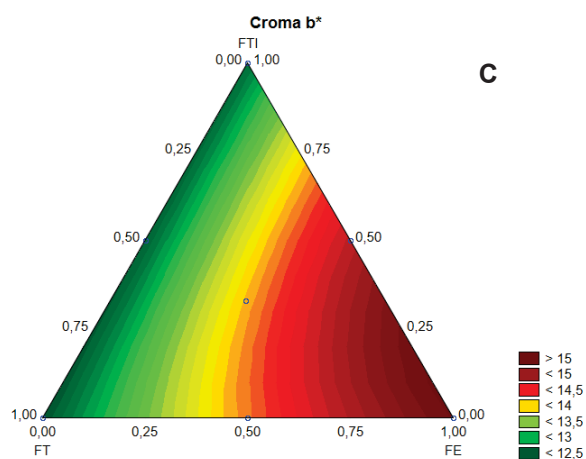
modelos a retenção de partículas aumentou com o aumento da concentração de FE e diminuiu com o aumento da concentração de FT. Portanto o aumento da concentração de FT diminuiu a retenção de partículas.

O percentual aproximado de 96% do experimento (a) passou pela peneira de 60 mesh, assim com concentração máxima de FT e mínima de FE e FTI encontra-se em acordo com a Instrução Normativa N° 8, de 2 de junho de 2005 (BRASIL, 2005), que determina que 95% do produto deve passar através de peneira com abertura de malha de 250 μm (60 mesh). Porém, com o aumento da concentração das outras farinhas (FE e FTI) esse percentual foi reduzido e houve um aumento na retenção de partículas nas peneiras com abertura menores que 60 mesh.

A característica granulométrica da matéria-prima interfere nas características dos produtos de panificação. Quanto mais uniformes as partículas das farinhas melhor é o produto final, isto afeta diretamente na absorção de água, nas características sensoriais (como aparência, sabor e textura) e o tempo de mistura. Farinhas com partículas mais finas e uniformes promovem maior incorporação da farinha na massa, acarretando também em uma massa mais coesa com baixa extensibilidade (TORBICA; HADNADEV; HADNADEV, 2012; BORGES et al., 2006; GAINES, 1990).

FIGURA 23: Superfície de resposta dos parâmetros físicos, físico-químicos e reológicos das misturas entre as farinhas de trigo e ervilha. (A) Luminosidade L^* , (B) Croma a^* , (C) Croma b^* , (D) Abertura da malha de 30 mesh, (E) Abertura da malha de 40 mesh, (F) Número de queda, (G) Índice de tolerância à mistura, (H) Estabilidade e (I) Força (W)





3.2 ANÁLISES FÍSICAS DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA

3.2.1 Número de queda

As misturas apresentaram diferenças significativas entre si ao nível de 5% de significância, com valores situados entre aproximadamente 295 e 370 segundos (Tabela 16). De acordo com a legislação vigente o valor mínimo para número de queda em farinhas utilizadas para uso doméstico é de 220 segundos (BRASIL, 2010).

Os dados contidos na Tabela 16 foram modelados através da metodologia de RSM e estão apresentados na Tabela 19. O modelo analisado foi significativo ($p < 0,05$). O efeito da interação entre FT e FE foi significativo. As outras interações não foram significativas.

TABELA 16: Número de queda do mix de farinhas de trigo e ervilha.

Experimento	Número de queda (s)
(a)	369,50 \pm 0,71 ^{ab}
(b)	294,87 \pm 2,83 ^e
(c)	353,50 \pm 3,54 ^{cd}
(d)	344,00 \pm 1,41 ^d
(e)	372,50 \pm 0,71 ^a
(f)	343,00 \pm 0,00 ^d
(g)	360,00 \pm 4,24 ^{bc}
(h)	354,00 \pm 1,41 ^{cd}
(i)	358,50 \pm 6,36 ^{bc}
*DMS	6,91

(a) 80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI; (b) 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI; (c) 60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI; (d) 70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI; (e) 70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI; (f) 60% de FT; 20% de FE e 20% de FTI; (g) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (h) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (i) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI. FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

*DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Os resultados de número de queda estão relacionados com a atividade enzimática da farinha de trigo, tornando-se possível prever o comportamento durante a etapa de fermentação da massa (CAZETTA et al., 2008). Ocorreu tendência para um maior número de queda (Figura 23F) com o aumento da concentração de FT e uma diminuição ao se aproximar de uma maior proporção de FE. Isso pode ter ocorrido devido a presença de enzima na farinha de ervilha, que gerou hidrólise adicional aos amidos. Tendência semelhante ocorreu em Rehman et al. (2007), com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha de ervilhaca.

De acordo com ICTA (sd) o número de queda recomendável das farinhas para bolos se situa no intervalo entre 200 e 250 segundos.

3.3 ANÁLISES REOLÓGICAS DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA

3.3.1 Propriedades farinográficas

As propriedades farinográficas entre as farinhas foram avaliadas no Mixolab. Os parâmetros estão apresentados na Tabela 17. Os modelos de índice de tolerância à mistura e estabilidade foram significativos ($p < 0,05$). Os efeitos da interação entre FE e FTI foram significativos para os dois modelos.

TABELA 17: Características farinográficas do mix de farinhas de trigo e ervilha.

Experimento	Absorção de água (%)	Tempo de desenvolvimento (min)	Índice de tolerância à mistura (UF)	Estabilidade (min)
(a)	63,30 ± 0,00 ^d	3,25 ± 0,35 ^f	42,50 ± 2,12 ^e	11,00 ± 0,00 ^c
(b)	63,30 ± 0,28 ^d	8,50 ± 0,00 ^a	41,44 ± 2,12 ^{ab}	9,25 ± 0,35 ^d
(c)	63,70 ± 0,00 ^{cd}	5,50 ± 0,00 ^{de}	15,00 ± 1,41 ^g	15,75 ± 0,35 ^a
(d)	63,95 ± 0,21 ^{bc}	6,50 ± 0,00 ^{bc}	50,50 ± 0,71 ^{cd}	9,25 ± 0,35 ^d
(e)	63,35 ± 0,21 ^d	4,75 ± 0,35 ^e	24,00 ± 2,83 ^f	13,25 ± 1,06 ^b
(f)	64,60 ± 0,00 ^a	7,00 ± 0,00 ^b	65,50 ± 0,71 ^a	8,00 ± 0,00 ^e
(g)	64,35 ± 0,07 ^{ab}	5,75 ± 0,35 ^{cd}	45,00 ± 1,41 ^{de}	10,25 ± 0,35 ^{cd}
(h)	64,45 ± 0,07 ^{ab}	5,50 ± 0,00 ^{de}	55,00 ± 1,41 ^{bc}	10,50 ± 0,00 ^{cd}
(i)	64,50 ± 0,14 ^{ab}	5,50 ± 0,00 ^{de}	49,50 ± 0,71 ^{cd}	9,75 ± 0,35 ^{cd}
*DMS	0,24	0,46	3,73	0,99

(a) 80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI; (b) 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI; (c) 60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI; (d) 70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI; (e) 70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI; (f) 60% de FT; 20% de FE e 20% de FTI; (g) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (h) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (i) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI. FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

*DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

A absorção de água e o tempo de desenvolvimento não geraram modelos, porém observou-se diferença significativa entre algumas formulações. O experimento (f), com 60% de FT, 20% de FE e 20% de FTI, apresentou maior absorção de água. Isso ocorre devido às características diferenciadas da farinha mista com maior nível de substituição, que acarretam no aumento de proteínas e fibras. De acordo com a Tabela 30 do item 3.4 (citada no experimento 3), a FE e FTI apresentam maiores teores de proteínas e fibras, quando comparadas a FT, portanto o maior nível de substituição com essas farinhas contribui para o aumento de proteínas e fibras da mistura.

Tendência semelhante foi observada por Oliveira; Pirozi; Borges (2007) e Rehman et al. (2007). De acordo com Wang; Rosell e Barber (2002) as fibras contribuem com o aumento da absorção de água, pois apresentam em sua estrutura um grande número de hidroxilas, favorecendo interações com a água por meio de ligações de hidrogênio.

Todas as misturas apresentaram absorção de água acima de 60%. De acordo com Pizzinatto e Campagnolli (1993) a farinha pode ser considerada forte quando apresenta absorção de água superior a 58%, assim todas as farinhas mistas encaixam-se nessa classe. A substituição com FE contribui para o aumento da granulometria de todas as misturas, fazendo com que os valores de absorção de água fossem maiores.

O tempo de desenvolvimento indica a qualidade da proteína, normalmente farinhas fortes demandam maior tempo de desenvolvimento que farinhas fracas (PYLER, 1988; QUAGLIA, 1991). Nota-se que o experimento (b), com 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI, apresentou significativamente o maior tempo de desenvolvimento da massa. Logo, a qualidade proteica do glúten sofreu influência pela adição de maior proporção de FE, devido a diluição que ocorre com essa proteína torna-se menos elástica e se alteram as propriedades reológicas das misturas.

A partir dos gráficos de curvas de nível (Figura 23 G e H) observou-se tendência à maior estabilidade com o aumento da concentração da FTI e uma diminuição na interação entre FTI e FE, com maior proporção de FE. Já para o índice de tolerância à mistura observou-se tendência de aumento na interação entre FTI e FE, com maior proporção de FE e uma diminuição ao se aproximar de uma maior concentração do FTI. Portanto a maior proporção de FTI contribuiu com o aumento do glúten, facilitando a formação de uma rede coesa, aumentando a sua estabilidade e diminuindo a tendência ao índice de tolerância à mistura.

3.3.2 Características alveográficas

O efeito da diluição das farinhas mistas de trigo e ervilha em relação às propriedades de força estão apresentados na Tabela 18.

Os dados contidos na Tabela 18 foram modelados através da metodologia de RSM e estão apresentados na Tabela 19. O modelo de força foi significativo ($p < 0,05$),

onde o efeito de todas as interações foi significativo com exceção da interação estabelecida entre as três farinhas (FT + FE+ FTI).

TABELA 18: Características alveográficas do mix de farinhas de trigo e ervilha.

Experimento	Força (10^{-4} J)	Configuração média da curva P/L (mm/mmH ₂ O)
(a)	162,00 \pm 2,83 ^a	3,57 \pm 0,18 ^c
(b)	105,41 \pm 2,12 ^e	5,18 \pm 0,25 ^a
(c)	149,00 \pm 2,82 ^b	4,45 \pm 0,08 ^{abc}
(d)	104,50 \pm 2,12 ^d	3,89 \pm 0,11 ^{bc}
(e)	138,50 \pm 2,12 ^c	4,16 \pm 0,07 ^{abc}
(f)	99,00 \pm 1,41 ^d	4,82 \pm 0,13 ^{ab}
(g)	101,00 \pm 0,00 ^d	4,67 \pm 0,14 ^{ab}
(h)	104,00 \pm 0,00 ^d	4,43 \pm 0,20 ^{abc}
(i)	103,50 \pm 3,54 ^d	4,90 \pm 0,68 ^{ab}
*DMS	5,00	0,61

(a) 80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI; (b) 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI; (c) 60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI; (d) 70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI; (e) 70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI; (f) 60% de FT; 20% de FE e 20% de FTI; (g) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (h) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (i) 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI. P = tenacidade L = extensibilidade; FT = Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

*DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

A partir do gráfico de curva de nível (Figura 23I) é possível observar tendência à maior força com o aumento da quantidade de FT e uma diminuição na interação entre FT e FE, com maior proporção de FE. Logo a incorporação de maior proporção de FE contribuiu para a diminuição da força, devido à diluição do glúten presente na farinha de trigo. De acordo com o ICTA (sd) o valor de força indicado para a produção de bolos é < 100 (10^{-4} J), então o experimento (f), com 60% de FT, 20% de FE e 20% de FTI, é indicado para a produção de bolos/*muffins*. Porém, os experimentos (g), (i) e (d) apresentaram valores ligeiramente superiores a 100, podendo também ser usadas na formulação de bolos. Sudha, Vetrimani e Leelavathi (2007) realizou estudos de verificação do efeito da incorporação de fibras de cereais (trigo, arroz, aveia e cevada) em farinhas panificáveis e a partir dos resultados obtidos concluiu que houve enfraquecimento da massa com a incorporação das fibras.

A configuração média da curva P/L, que correlaciona a tenacidade com a extensibilidade, não gerou modelo, porém houve diferença significativa entre os experimentos a 5% de probabilidade, onde observou-se aumento com maior nível de substituição de FE, no experimento (b) (60% de FT, 30% de FE e 10% de FTI). Portanto quanto maior concentração de FE na farinha mista, mais tenaz (P) e menos extensível (L) se tornou a massa. Provavelmente as fibras e proteínas da FE

interagiram com as proteínas da farinha de trigo, tornando a massa mais tenaz, conforme também ocorreu em estudos realizados por Sudha; Vetrmani; Leelavathi (2007). O ICTA (sd) não indica um valor da configuração P/L para a produção de bolos/*muffins*.

TABELA 19: Coeficientes de regressão obtidos pela metodologia da superfície de resposta para modelar os efeitos de FT, FTI e FE nos parâmetros físicos e reológicos do mix de farinhas de trigo e ervilha.

Propriedades	Coeficiente de regressão	Erro padrão	p valor
<i>Abertura da malha de 30 mesh</i>			
(A) FT	0,391959	0,061945	0,001454
(B) FE	1,19334	0,054853	<0,001
(C) FTI	0,417116	0,06199	0,001099
AC	0,92227	0,29470	0,0025972
R ²	0,950786		
R ² ajustado	0,921258		
p valor (modelo)	0,025972		
<i>Abertura da malha de 40 mesh</i>			
(A) FT	1,484765	0,157048	<0,001
(B) FE	3,882192	0,139067	<0,001
(C) FTI	2,20535	0,157167	<0,001
AC	2,087478	0,747154	0,0038268
R ²	0,957101		
R ² ajustado	0,931362		
p valor (modelo)	0,038268		
<i>Luminosidade L*</i>			
(D) FT	89,94000	0,113892	<0,001
(E) FE	86,77200	0,122666	<0,001
(F) FTI	88,56800	0,122666	<0,001
BC	4,400000	0,644271	0,002404
ABC	45,07751	2,831943	<0,001
R ²	0,994646		
R ² ajustado	0,989292		
p valor (modelo)	<0,001		
<i>Croma a*</i>			
(A) FT	-0,99343	0,016209	<0,001
(B) FE	-2,25745	0,017693	<0,001
(C) FTI	-0,44335	0,016209	<0,001
AB	-0,57906	0,077210	0,001691
BC	-1,11801	0,077671	0,000135
R ²	0,999478		
R ² ajustado	0,998956		
p valor (modelo)	<0,001		
<i>Croma b*</i>			
(A) FT	12,41000	0,011386	<0,001
(B) FE	15,31000	0,012472	<0,001
(C) FTI	12,59000	0,011386	<0,001
AB	1,24000	0,060246	<0,001
BC	3,16000	0,060246	<0,001
ABC	3,07031	0,292574	0,001848
R ²	0,999945		
R ² ajustado	0,999854		
p valor (modelo)	0,001848		

<i>Número de queda</i>			
(A) FT	378,3738	5,59317	<0,001
(B) FE	298,8241	6,34525	<0,001
(C) FTI	357,1281	6,34525	<0,001
BC	79,5630	30,35656	0,047044
R ²	0,942046		
R ² ajustado	0,907273		
p valor (modelo)	0,047044		
<i>Estabilidade</i>			
(A) FT	10,8069	0,343271	<0,001
(B) FE	8,9781	0,389428	<0,001
(C) FTI	15,7781	0,389428	<0,001
BC	-16,7465	1,863078	<0,001
R ²	0,979425		
R ² ajustado	0,967080		
p valor (modelo)	0,000284		
<i>Índice de tolerância à mistura</i>			
(A) FT	43,5907	3,99948	<0,001
(B) FE	44,6384	4,53726	<0,001
(C) FTI	12,8864	4,53726	0,036241
BC	147,0384	21,70688	0,001066
R ²	0,934326		
R ² ajustado	0,894922		
p valor (modelo)	0,001066		
<i>Força (W)</i>			
(A) FT	162,360	2,276171	<0,001
(B) FE	105,682	2,275272	<0,001
(C) FTI	149,372	2,275272	<0,001
AB	-124,032	9,931076	0,001106
AC	-75,412	9,931076	0,004739
BC	-119,880	9,986788	0,001244
R ²	0,996662		
R ² ajustado	0,991099		
p valor (modelo)	0,001075		

R² = coeficiente de determinação; R² ajustado = coeficiente de determinação ajustado; p valor = probabilidade de significância.

4 CONCLUSÃO

A maior proporção de FE contribuiu para que as farinhas ficassem mais escuras, esverdeadas e com maior granulometria. Além disso o aumento da proporção desta farinha alterou as propriedades tecnológicas pela redução do número de queda, estabilidade e força e pelo aumento da absorção de água, tempo de desenvolvimento e índice de tolerância à mistura da massa. Com isso, as farinhas tornaram-se adequadas para o propósito da pesquisa em questão. Portanto o experimento (b) com 60% de FT + 30% de FE + 10% de FTI preenche melhor os requisitos de uma farinha mista suave para produtos de panificação que não sejam submetidos à fermentação biológica.

**EXPERIMENTO 3 – ESTUDO DAS FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA
(*Pisum sativum* L.) NA ELABORAÇÃO DE *MUFFINS* E SUAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SENSORIAIS**

RESUMO

A farinha de trigo especial (FT), farinha de ervilha (FE) e farinha de trigo integral (FTI) foram misturadas em diferentes proporções, mediante a aplicação de um delineamento de misturas simplex-centroide, com a finalidade de avaliar o impacto das combinações nas propriedades físicas e sensoriais de *muffins*. Foi estabelecido o limite máximo de 80% e mínimo de 60% para FT. Para FE e FTI foi estabelecido o limite máximo de 30% e mínimo de 10%. Os *muffins* elaborados com maior proporção de FT apresentaram maior luminosidade da crosta. Maior dureza foi identificada em *muffins* com maior proporção de FTI. Primeiramente realizou-se um teste sensorial para ordenar os *muffins* com relação ao sabor. Como não foi identificada diferença significativa entre as amostras, selecionou-se as formulações melhor colocadas para serem submetidas ao teste de aceitação ((a): 80% de FT, 10% de FTI e 10% de FE; (c): 60% de FT, 30% de FTI e 10% de FE; (g): 66% de FT, 17% de FTI e 17% de FE). Na sequência, com as mesmas formulações ((a), (c), e (g)) foram avaliados os atributos de cor, sabor, textura e aceitação global, onde todos os *muffins* obtiveram notas superiores a 7 ("gosto moderadamente"), indicando aceitação das formulações. A formulação (a) foi selecionada por apresentar o maior conjunto de notas, e também a maior intenção de compras (47,69%). A utilização de FE pode ser uma boa alternativa para o enriquecimento nutricional, uma vez que o consumo de 5 *muffins* é suficiente para suprir a necessidade diária da maioria dos aminoácidos essenciais, com exceção da metionina e triptofano. Diante dos resultados obtidos pode-se afirmar que a formulação com menor nível de substituição foi melhor aceita sensorialmente e supre a necessidade diária de boa parte dos aminoácidos essenciais.

Palavras-chave: Farinha de Trigo. Farinha de Ervilha. *Muffin*. Análise sensorial. Aminoácidos essenciais.

ABSTRACT

Wheat flour (WF), pea flour (PF) and whole wheat flour (WWF) were mixed in different ratios by applying a simplex-centroid mixture design, in order to evaluate the impact of these combinations on the physical and sensorial properties of muffins. The maximum limit of 80% and minimum of 60% for WF was established. For PF and WF was determined a maximum limit of 30% and minimum of 10%. Muffins with higher WF presented higher crust luminosity and muffins prepared with higher ration of WWF were harder. Firstly, a sensorial test was performed to order the muffins to taste. As no significant difference among the samples was identified, the best formulations were determined to be submitted to the acceptance test ((a): 80% of WF, 10% of WWF and 10% of PF; (c): 60% of WF, 30% of WWF and 10% of PF; (g): 66% of WF, 17% of WWF and 17% of PF). Additionally, with de same formulations ((a),(c), and (g)) the attributes of color, taste, texture and overall acceptance were evaluated, where muffins obtained scores higher than 7 ("like moderately "), indicating good acceptance of all formulations. The formulation (a) was chosen for presenting the highest set of scores and purchase intention (47.69%). The use of PF may be a good alternative for nutritional enrichment, since the consumption of 5 muffins is sufficient to supply the daily requirement of most of the essential amino acids, except for methionine and tryptophan. In conclusion, based on the results it can be affirmed that the formulation with lower level of substitution was better accepted sensorially and supplies the daily requirement of most of the essential amino acids.

Keywords: Wheat Flour. Pea Flour. Muffin. Sensory Analysis. Essential Amino Acids.

1 INTRODUÇÃO

A ervilha (*Pisum sativum* L.) é uma das culturas alimentícias mais antigas e produzidas no mundo, em 2014 a produção mundial de ervilha seca atingiu 11.186.123 milhões de toneladas (SHI et al., 2014; HONGBO et al., 2015; FAO, 2017). É uma cultura que se adapta melhor em regiões de clima frio e temperado em várias partes do mundo (KHAN; MELDRUN; CROSER, 2016). A ervilha é uma excelente fonte de proteínas e energia dietética para os humanos. O teor de nutrientes varia entre 54,63-57,88%, 13,74-14,56% e 20-25% em base seca, para carboidratos, fibra dietética e proteínas, respectivamente (CANNIATTI-BRAZACA, 2006, COLLAR et al., 2014, SHI et al., 2014).

Derivados de ervilha, como fibra e isolado proteico, vêm sendo utilizados como ingredientes no desenvolvimento de uma diversidade de produtos alimentícios, contribuindo para o seu enriquecimento nutricional (POLIZER et al., 2015; PHILIPP et al., 2017). A farinha de ervilha pode ter emprego na elaboração de pães com substituição parcial da farinha de trigo (LU; DONNER; LIU, 2018).

O seguimento de panificação e confeitaria vem crescendo continuamente em número de estabelecimentos e seu faturamento está entre os seis maiores seguimentos industriais do país (BRANDÃO; LIRA, 2011).

Os *muffins* são produtos de panificação, popularmente consumidos durante o café da manhã e lanches da tarde, com bom consumo, devido ao seu sabor e textura suave. Normalmente são doces e possuem alto valor calórico. A massa do *muffin* é formada por uma emulsão complexa de gordura em água, composta de uma mistura de ovo-açúcar-água-gordura como fase contínua e bolhas de ar como fase descontínua, onde as partículas de farinha estão dispersas. A textura esponjosa do *muffin* se deve à típica estrutura porosa e ao alto volume, que são obtidos através de muitas e pequenas bolhas de ar incorporadas na massa (MARTÍNEZ-CERVERA et al., 2012; STRUCK et al., 2016).

Vários estudos já foram realizados com a finalidade de investigar a interação entre farinhas nas propriedades tecnológicas e sensoriais do produto final. Para analisar os efeitos das farinhas e suas interações nos atributos avaliados, utiliza-se a metodologia de delineamento de misturas (YILMAZ et al., 2015). Quando ocorre a mistura simultânea dos três componentes considera-se o modelo como cúbico e tem-

se o delineamento experimental simplex-centroide (NETO; SCARMÍNIO; BRUNS, 2010).

Nesse contexto, o presente estudo foi realizado para verificar o efeito da utilização de farinhas mistas de trigo e de ervilha nas características físicas e na avaliação sensorial de *muffins* e intenção de compra do consumidor.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

Foram utilizadas as farinhas de trigo especial (FT), de trigo integral (FTI), adquiridas no comércio de Curitiba, e a ervilha da variedade Mikado (lote 11/06), adquirida na Embrapa Hortaliças (Brasília). O preparo da FE está descrito no experimento 1.

Os *muffins* foram preparados a partir de uma formulação presente na Tabela 20.

TABELA 20: Concentrações mínimas e máximas estabelecidas para farinha de trigo especial (FT) farinha de ervilha (FE) e farinha de trigo integral (FTI) na formulação dos *muffins*.

Componente	Mínimo (%)	Máximo (%)
FT	60	80
FE	10	30
FTI	10	30

Para substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de trigo integral e farinha de ervilha foram realizados experimentos em duas etapas. Na etapa 1 foi realizado teste preliminar com a formulação base do *muffin* (Tabela 21) para verificar os níveis de cada farinha. As proporções dos ingredientes foram baseadas em Jauharah, Rosli e Robert (2014).

TABELA 21: Formulação base do *muffin*.

Ingredientes	(g/100g)
Farinha de trigo	100
Fermento em pó	5
Açúcar refinado	80
Gordura vegetal	50
Ovos	80
Leite integral líquido	65

Como o objetivo de verificar os efeitos de cada tipo de farinhas (misturas ternárias) sobre a caracterização física e de textura dos *muffins*, foi empregado o delineamento simplex-centroide na etapa 2 (BOX; HUNTER; HUNTER, 2005), com três componentes e 7 formulações (Tabela 22). Introduziram-se duas repetições no experimento 7 (experimento 8 e 9) para o cálculo do erro experimental.

TABELA 22: Delineamento experimental da farinha de trigo especial (FT), farinha de trigo integral (FTI) e farinha de ervilha (FE).

Formulação	Proporções das farinhas na mistura ternária					
	Concentrações reais			Pseudocomponentes		
	FT(C ₁)	FE (C ₂)	FTI (C ₃)	FT (X ₁)	FE (X ₂)	FTI (X ₃)
(a)	0,80	0,10	0,10	1	0	0
(b)	0,60	0,30	0,10	0	0	1
(c)	0,60	0,10	0,30	0	1	0
(d)	0,70	0,20	0,10	0,5	0	0,5
(e)	0,70	0,10	0,20	0,5	0,5	0
(f)	0,60	0,20	0,20	0	0,5	0,5
(g)	0,66	0,17	0,17	0,34	0,33	0,33
(h)	0,66	0,17	0,17	0,34	0,33	0,33
(i)	0,66	0,17	0,17	0,34	0,33	0,33

*FT: farinha de trigo especial; FE: Farinha de ervilha; FTI: Farinha de trigo integral.

C₁, C₂ e C₃ são as concentrações reais.

X₁, X₂ e X₃ são as concentrações em pseudocomponentes.

X₁ + X₂ + X₃ = 1 ou 100%

2.1.1 Produção dos *muffins*

O método de preparo foi baseado em Jauharah, Rosli e Robert (2014) com algumas adaptações. Os ovos foram batidos juntamente com o açúcar e gordura vegetal a uma velocidade de 80% da velocidade máxima durante 5 minutos em batedeira planetária (KitchenAid). Em seguida foram adicionados a farinha (Tabela 21) e o leite para se obter a massa, que foi batida durante 3 minutos na velocidade de 60%. Por fim, adicionou-se o fermento e homogeneizou-se a massa por mais um 1 minuto na velocidade de 40%. Alíquotas de 60 g de massa foram pesadas nas formas de papel (4 cm x 5 cm de altura/diâmetro) e assadas em forno elétrico Fischer, por 25 min a 180°C. Após o resfriamento em temperatura ambiente os *muffins*, devidamente codificados, foram acondicionados em embalagens plásticas.

2.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

3.1.1 Composição centesimal

Os teores de umidade, lipídios, proteína e cinzas foram determinados através dos protocolos 925-10, 920-5, 960-52 e 923-03 da AOAC (2011). O teor de fibra dietética total foi determinado de acordo com o boletim técnico n° TDFAB-3-SIGMA 2001 da AOAC (1997). Os carboidratos foram determinados por diferença.

3.2 ANÁLISES FÍSICAS

3.2.1 Volume específico

O volume específico dos *muffins* foi calculado através da relação entre o volume aparente do *muffin* assado e o seu peso. O peso do *muffin* foi determinado em balança semi-analítica (Mettler Toledo e modelo PB 8001-S), e foi realizada a média do peso de três *muffins*. O volume aparente foi realizado pelo método de deslocamento de sementes de painço (Método 10-05, AACC, 2000).

3.2.2 Cor dos *muffins*

A análise de cor foi realizada no Laboratório LABTECAL (Laboratório de Tecnologia de Alimentos) localizado na Usina Piloto B. Para a análise dos *muffins*, crosta e miolo, foi utilizado o espectrofotômetro de reflectância MiniScan XE 45/0-L Plus (*Hunter Inc*), que consiste na determinação de três componentes de cor: (L^*) luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco), (a^*), que varia de verde (negativo) a vermelha (positivo), (b^*), que varia de azul (negativo) a amarela (positivo), as duas últimas não possuindo limites. O ângulo do observador empregado foi de 10° , o iluminante D65 e o equipamento foi calibrado utilizando-se padrões de cor fornecidos pelo fabricante (MacDOUGALL, 2000).

3.2.3 Textura

O perfil de textura dos *muffins* foi determinado utilizando-se o texturômetro (CT3, Brookfield, Middleboro, MA, USA), localizado no Laboratório LABTECAL (Laboratório de Tecnologia de Alimentos) na Usina Piloto B. As amostras foram cortadas em cubos de 2,5 cm. O teste de dupla compressão foi realizado a uma altura de 1,25 cm (50% de compressão) utilizando-se um probe acrílico cilíndrico de 50,8 mm de diâmetro, a uma velocidade de 1 mm s^{-1} com um intervalo de 5 s de espera entre os dois ciclos. Os parâmetros obtidos foram: dureza, elasticidade e resiliência (MARTÍNEZ-CERVERA; SALVADOR; SANZ 2014).

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as determinações foram realizadas em triplicata. A seguir cada resposta foi submetida a análise de variância (ANOVA), para avaliar a significância ($p \leq 0,05$), o coeficiente de variação, o coeficiente de determinação ajustado (R_{aj}^2) e a falta de ajuste dos modelos matemáticos obtidos. Utilizou-se o software Statistica 10.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

3.4 ANÁLISE SENSORIAL

Os *muffins* foram elaborados com farinha mista (farinha de trigo especial e integral + farinha de ervilha) foram submetidos à avaliação sensorial utilizando-se os testes de ordenação e afetivo de aceitação e intenção de compra.

O teste foi realizado mediante a aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa do Setor de Saúde/UFPR. O parecer consubstanciado nº 1755406 foi aprovado no dia 30 de setembro de 2016 (APÊNDICE 1).

3.4.1 Recrutamento dos julgadores

Toda a comunidade universitária foi convidada a participar da análise sensorial dos *muffins* elaborados com farinhas mistas por meio da divulgação de cartazes, que foram afixados em vários locais do Centro Politécnico da UFPR (MEILGAARD, CIVILLE, CARR, 1999).

3.4.2 Seleção dos julgadores

Foram selecionados no mínimo 30 julgadores não treinados dentre os membros da população de consumidores de bolos para o teste de ordenação-preferência. Para o teste de aceitação e intenção de compra foram selecionados 60 julgadores, com as mesmas características do teste anterior (IAL, 2008). Antes da aplicação de cada um dos testes citados foi aplicada uma ficha de avaliação do perfil do consumidor (APÊNDICE 2). Todos os julgadores receberam um termo de consentimento livre e esclarecido contendo informações referentes à pesquisa, onde foram solicitados a

preencher seu nome completo e assinatura. Os nomes foram preservados e transformados em números.

3.4.3 Avaliação sensorial das formulações de *muffins*

Antes de cada teste os julgadores receberam orientação do método e procedimento da avaliação dos *muffins* elaborados. Em todas as sessões, foi oferecido para cada julgador água mineral a temperatura ambiente, com o intuito de limpeza das papilas, e uma ficha para assinalar a sensação percebida. As amostras foram servidas 24 horas após o preparo, de forma monádica e sequencial, utilizando-se um delineamento de blocos completos balanceados para todos os julgadores.

3.4.4 Teste de ordenação-preferência

Aos julgadores foi solicitado para ordenarem as amostras de acordo com a sua preferência em relação ao sabor. Para a formulação de *muffin* mais preferida foi atribuído o valor 1, a seguinte recebeu o valor 2 e assim por diante. A análise foi dividida em duas sessões, sendo uma com 4 e a outra com 3 amostras, totalizando 7 amostras (IAL, 2008). A ficha de avaliação foi conforme ABNT, 1998 (APÊNDICE 3).

3.4.5 Teste de aceitação

As três amostras selecionadas no teste de ordenação-preferência foram avaliadas quanto à aceitação global por no mínimo 60 consumidores, selecionados aleatoriamente, devendo ser consumidores habituais de bolos (IAL, 2008; ANZALDÁUA-MORALES, 1994; TEIXEIRA, 2009). Foi utilizada uma escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de “gostei extremamente” (9) a “desgostei extremamente” (1), conforme NBR 14141 (ABNT, 1998; MEILGAARD, CIVILLE, CARR, 1999) (APÊNDICE 4).

3.4.6 Teste de intenção de compra

Na ficha de avaliação (APÊNDICE 4) foi incluída para avaliar a atitude do consumidor numa situação hipotética de compra do produto, conforme ABNT (NBR 14141, 1998).

3.4.7 Análises estatísticas

Para o teste de ordenação foi aplicado o teste de Friedman, utilizando a tabela de Newel e Mac Farlane ao nível de 5% de significância. Este teste indicou diferença crítica e entre os totais de ordenação, de acordo com número do tratamento testado e número de julgamentos obtidos (DUTKOSKY, 2013).

Para os testes de aceitação, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e avaliados pelo teste de F. A comparação entre as médias foi realizada através do pós-teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

3.5 PERFIL DE AMINOÁCIDOS TOTAIS

Os aminoácidos totais da farinha de ervilha foram determinados através da cromatografia líquida de fase reversa (RP – HPLC) utilizando o sistema de HPLC (Thermo Fisher Scientific Inc, MA USA) acoplado ao detector UV a 254 nm (UV SPECTRA SYSTEM UV 2000), utilizando-se a coluna LUNA C18, 100Å, 5μ, 250 x 4,6 mm. A quantificação dos aminoácidos foi realizada de acordo com o método descrito White, Hard e Fry (1986) e Hagen, Fost e Augustin (1989).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISES FÍSICAS

3.1.1 Cor

A partir dos dados experimentais de cor obtidas no delineamento de misturas foram elaborados modelos matemáticos de regressão que expressam a relação entre os pseudocomponentes e as coordenadas de cromaticidade (L^* , a^* e b^*) da crosta (Figura 24) e miolo dos *muffins* (Figura 25). Assim, o modelo de regressão, o nível de significância (p) e o coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) para L^* , a^* e b^* da crosta e miolo dos *muffins* estão dispostos na Tabela 27. Apenas o modelo de luminosidade para crosta (L^*) foi significativo ($p < 0,05$), onde foi significativo o efeito da interação entre FT e FE. Os dados contidos na Tabela 23 foram modelados através da metodologia RSM e estão apresentados na Tabela 27.

TABELA 23: Coordenadas de cromaticidade L^* , a^* e b^* da crosta das formulações de *muffins*.

Formulação	Coordenadas de cromaticidade		
	L^*	a^*	b^*
(a)	48,88±1,85 ^a	19,76±0,14 ^a	37,35±1,78 ^{bc}
(b)	48,29±2,45 ^a	19,16±0,18 ^{ab}	34,46±1,12 ^{cd}
(c)	43,88±0,83 ^b	19,60±0,17 ^{ab}	34,05±0,70 ^d
(d)	48,07±1,44 ^a	19,20±0,36 ^{ab}	40,40±1,55 ^a
(e)	51,41±1,24 ^a	18,18±1,63 ^b	40,51±0,58 ^a
(f)	47,96±0,81 ^a	19,34±0,38 ^{ab}	37,32±1,12 ^{bc}
(g)	48,29±1,11 ^a	19,70±0,23 ^a	37,99±1,43 ^{ab}
(h)	48,65±0,44 ^a	20,47±0,34 ^a	39,37±0,44 ^{ab}
(i)	48,93±2,69 ^a	19,62±0,52 ^{ab}	40,69±1,58 ^a
**DMS	3,11	1,19	2,39

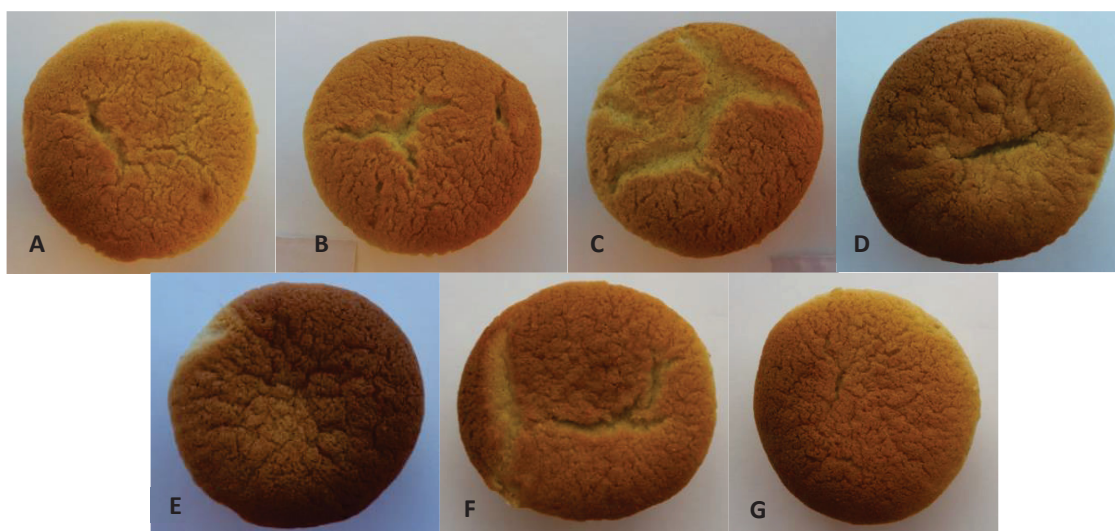
(a): 80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI; (b): 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI; (c): 60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI; (d): 70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI; (e): 70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI; (f): 60% de FT; 20% de FE e 20% de FTI; (g): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (h): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (i): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI. FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

**DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Conforme o esperado, a luminosidade (L^*) sempre foi maior na crosta. A partir dos gráficos de curvas de nível (Figura 26A) observou-se uma tendência de uma maior luminosidade L^* da crosta ao se aproximar de uma maior proporção de FT. Porém houve uma tendência ao menor valor da luminosidade (L^*) da crosta com maior

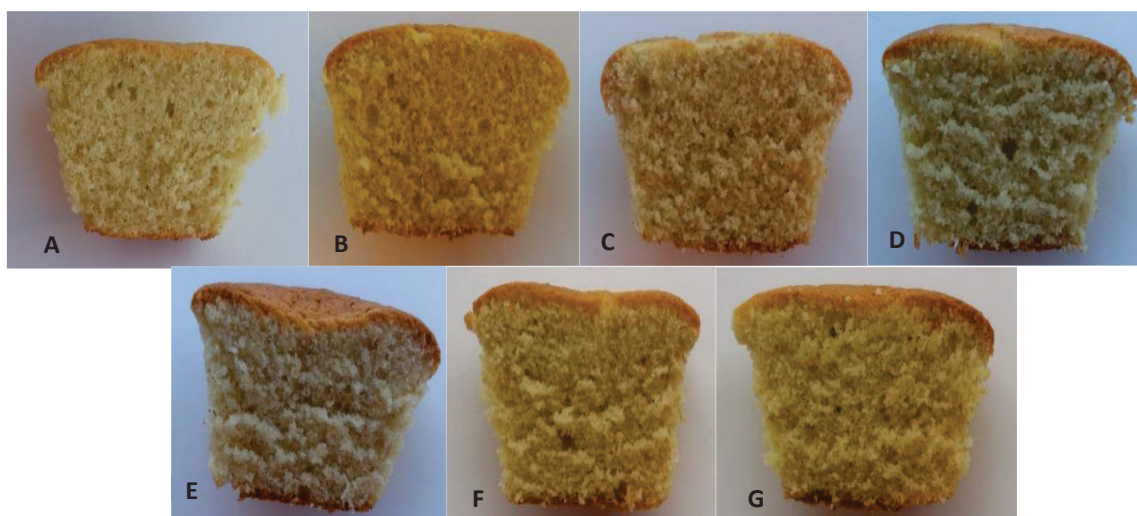
quantidade de FE. A cor da crosta do *muffin* se desenvolve sob altas temperaturas durante o período de cozimento, onde ocorre a caramelização e reações de Maillard (SHEVKANI; SINGH, 2014). Os açúcares presentes em FE provavelmente favoreceram a ocorrência dessas reações.

FIGURA 24: Crosta das formulações de *muffin*.



A luminosidade (L^*) do miolo, croma a^* e croma b^* da crosta e miolo não geraram modelos, porém observou-se diferença significativa entre algumas amostras de *muffins*, conforme é possível observar nas Tabelas 23 e 24.

O croma a^* da crosta foi significativamente maior na interação entre as três farinhas (66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI) e com a maior proporção de FT na formulação (a) (80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI), porém foi significativamente menor na formulação (e) (70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI). Já o croma b^* da crosta foi significativamente maior nas formulações (d) (70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI) e (e) (70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI), onde havia maior interação de FE e FTI. Porém foi significativamente maior com a maior proporção de FTI na formulação (c) (60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI).

FIGURA 25: Miolo das formulações de *muffin*.TABELA 24: Coordenadas de cromaticidade L* a* e b* do miolo das formulações de *muffins*.

Formulação	Coordenadas de cromaticidade		
	L*	a*	b*
(a)	76,07±0,39 ^a	1,88±0,14 ^{ef}	29,60±0,24 ^d
(b)	73,30±0,35 ^{bc}	0,45±0,11 ^h	31,45±0,12 ^a
(c)	69,46±0,23 ^e	3,21±0,11 ^a	27,61±0,30 ^e
(d)	74,68±0,48 ^{ab}	0,89±0,07 ^g	29,45±0,21 ^d
(e)	72,53±0,89 ^c	2,74±0,16 ^b	27,27±0,47 ^e
(f)	70,96±1,20 ^d	1,76±0,11 ^f	30,19±0,05 ^{bc}
(g)	72,69±0,42 ^c	2,54±0,12 ^{bc}	29,39±0,25 ^d
(h)	73,21±0,54 ^c	2,09±0,06 ^{de}	30,26±0,10 ^b
(i)	73,28±0,22 ^{bc}	2,28±0,13 ^{cd}	29,68±0,16 ^{cd}
**DMS	1,18	0,22	0,47

(a): 80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI; (b): 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI; (c): 60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI; (d): 70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI; (e): 70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI; (f): 60% de FT; 20% de FE e 20% de FTI; (g): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (h): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (i): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI. FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

**DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

A luminosidade (L*) do miolo apresentou valor significativamente maior para a formulação (a) (80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI), com maior proporção de FT, portanto apresentou tendência semelhante a obtida na luminosidade (L*) da crosta. Para o croma a* do miolo a formulação (b) (60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI), com maior proporção de FE foi significativamente menor. Essa tendência era esperada uma vez que menor valor do parâmetro a* indica maior presença do componente verde. No croma b* do miolo a formulação (b) (60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI), com maior proporção de FE, foi significativamente maior. Tendências

semelhantes foram encontradas para o croma a^* e croma b^* na mistura entre as farinhas de acordo com o Experimento 2 (item 3.1.1).

3.1.2 Volume específico

Os *muffins* foram elaborados com diferentes concentrações de farinha de ervilha, conforme as informações propostas na Tabela 22. Os dados contidos na Tabela 25 foram modelados através da metodologia de RSM, porém não gerou um modelo significativo. Não houve diferença significativa à nível de 5% de significância, portanto a variação na proporção das farinhas (FT, FTI, FE) usadas neste experimento não alterou significativamente essa característica.

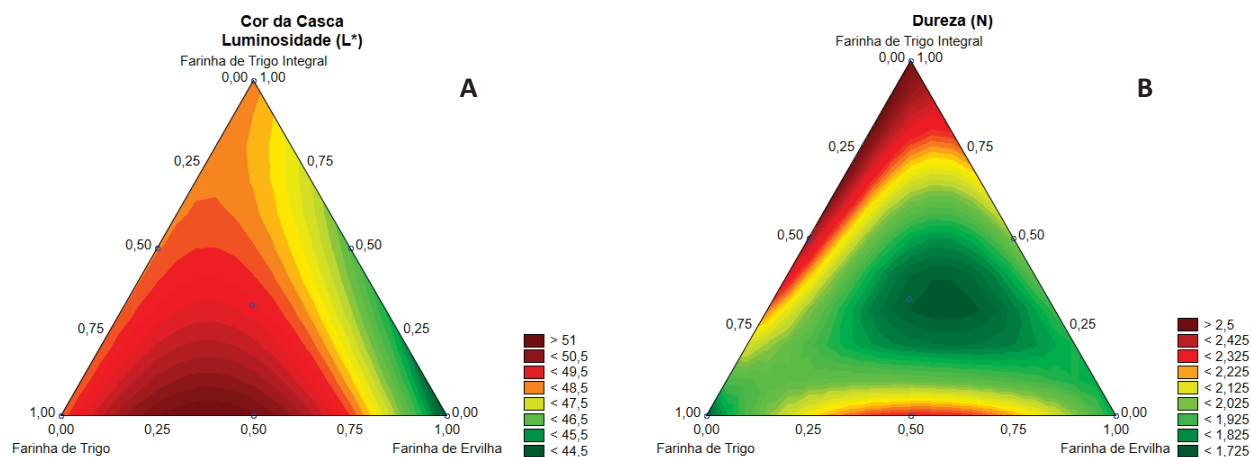
TABELA 25: Análise do volume específico dos *muffins*.

Formulações	Volume específico (mL/g)
(a)	$0,37 \pm 0,01^a$
(b)	$0,37 \pm 0,01^a$
(c)	$0,36 \pm 0,00^a$
(d)	$0,37 \pm 0,01^a$
(e)	$0,37 \pm 0,00^a$
(f)	$0,36 \pm 0,01^a$
(g)	$0,37 \pm 0,01^a$
(h)	$0,36 \pm 0,01^a$
(i)	$0,36 \pm 0,01^a$
*DMS	0,02

(a): 80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI; (b): 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI; (c): 60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI; (d): 70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI; (e): 70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI; (f): 60% de FT; 20% de FE e 20% de FTI; (g): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (h): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (i): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI. FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

**DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

FIGURA 26: Superfície de resposta dos parâmetros físicos e de textura dos *muffins*. (A) Luminosidade (L^*) da crosta (B) Dureza.



3.2 ANÁLISE DE TEXTURA

Muffins à base de farinha de ervilha foram obtidos a partir de diferentes formulações (Tabela 22). Os dados contidos na Tabela 26 foram modelados através da metodologia de RSM e estão apresentados na Tabela 27. O modelo gerado para a dureza ($p < 0,05$) foi significativo, já a elasticidade e resiliência não geraram modelos. Todas as interações foram significativas para o modelo de dureza.

A resiliência está relacionada ao grau em que a amostra se recupera quando a compressão é interrompida. Já a elasticidade está relacionada à medida de recuperação do alimento ao final da primeira compressão e início da segunda compressão (MARTÍNEZ-CERVERA; SALVADOR; SANZ, 2015). Os resultados não mostraram diferenças significativas entre os *muffins* produzidos com diferentes tipos de farinha em termos de elasticidade e resiliência. Goswami et al. (2015) elaboraram *muffins* utilizando *millet* e os resultados de resiliência concordaram com os obtidos no presente estudo.

TABELA 26: Perfil médio de TPA (Análise do Perfil de Textura) para *muffins* preparados com substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de ervilha e trigo integral.

Formulação	Dureza (N)	Elasticidade	Resiliência
(a)	1,74 ± 0,34 ^{bc}	0,30 ± 0,11 ^a	0,18 ± 0,03 ^a
(b)	2,56 ± 0,23 ^a	0,40 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,01 ^a
(c)	1,85 ± 0,21 ^{bc}	0,35 ± 0,06 ^a	0,18 ± 0,01 ^a
(d)	2,46 ± 0,38 ^a	0,38 ± 0,05 ^a	0,18 ± 0,01 ^a
(e)	2,31 ± 0,24 ^{ab}	0,35 ± 0,06 ^a	0,17 ± 0,01 ^a
(f)	2,03 ± 0,23 ^{abc}	0,35 ± 0,06 ^a	0,15 ± 0,02 ^a
(g)	1,72 ± 0,15 ^c	0,30 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,02 ^a
(h)	1,73 ± 0,17 ^c	0,30 ± 0,00 ^a	0,16 ± 0,01 ^a
(i)	1,73 ± 0,17 ^{bc}	0,40 ± 0,00 ^a	0,18 ± 0,01 ^a
*DMS	0,48	0,03	0,11

(a): 80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI; (b): 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI; (c): 60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI; (d): 70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI; (e): 70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI; (f): 60% de FT; 20% de FE e 20% de FTI; (g): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (h): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI; (i): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI. FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

**DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

A partir dos gráficos de curvas de nível (Figura 26B) observou-se uma tendência à maior dureza quanto maior a quantidade de FTI e menor quantidade da interação entre as três farinhas, especialmente ao se aproximar da maior quantidade de farinha de ervilha. A menor disponibilidade de água na presença de maiores quantidades de fibra, podem ser atribuídas a maior dureza dos *muffins*. De acordo

com Preichardt et al. (2011) há uma correlação negativa entre a umidade de bolos e a dureza. Já a diminuição da dureza pode ter ocorrido devido a diluição do glúten pela farinha de ervilha, pois o desenvolvimento do glúten é um fator determinante para a dureza (SCHAMNE, DUTCOSKY; DEMIATE, 2010).

TABELA 27: Coeficientes de regressão obtidos pela metodologia da superfície de resposta para modelar os efeitos de FT, FTI e FE nas propriedades físicas e de textura dos *muffins*.

Propriedades	Coeficiente de regressão	Erro padrão	p valor
<i>Parâmetro L* da crosta</i>			
FT	48,52459	0,830061	<0,001
FE	44,49451	0,830688	<0,001
FTI	48,39550	0,735024	<0,001
AB	17,16320	3,948996	0,007
R ²	0,8618		
R ² ajustado	0,7789		
p valor (modelo)	0,007		
<i>Dureza</i>			
FT	1,7400	0,009179	<0,001
FE	1,8525	0,009179	<0,001
FTI	2,5575	0,009179	<0,001
AB	2,0650	0,044969	<0,001
AC	1,2450	0,044969	0,001302
BC	-0,7100	0,044969	0,003988
ABC	-16,6510	0,243277	<0,001
R ²	0,9998		
R ² ajustado	0,9993		
p valor (modelo)	<0,001		

R² = coeficiente de determinação; R² ajustado = coeficiente de determinação ajustado; p valor = probabilidade de significância.

3.3 ANÁLISE SENSORIAL

Antes da realização dos testes sensoriais foi aplicado um questionário sobre perfil dos consumidores. O total de consumidores que responderam ao questionário foi de 143, sendo destes, 62,94% mulheres e 37,06% homens. A faixa etária predominante foi entre 18 e 25 anos (42,66%), seguida da faixa entre 26 e 35 anos (39,86%), 36 e 45 anos (7,00%), 46 e 55 anos (6,29%) e acima de 56 anos (4,20%). Em relação ao nível de escolaridade, a maior parte dos entrevistados (37,06%) apresentava pós-graduação incompleta, enquanto que os demais possuíam superior incompleto (31,47%), pós-graduação completa (20,28%), superior completo (7,69%), secundário completo (2,80%) e secundário incompleto (0,70%).

Praticamente 100% dos entrevistados (99,30%) ingerem leguminosas de diferentes tipos, sendo que 74,13% deles são consumidores de ervilha. A frequência de consumo de leguminosas apresentada por todos os consumidores foi distribuída em: uma vez por dia (39,16%), duas a cinco vezes por semana (34,97%), duas vezes por dia (12,59%), uma vez por semana (11,19%), uma vez por mês (0,70%) e nenhum consumo (0,70%).

O teste de ordenação-preferência foi realizado com 39 provadores. Na primeira sessão foram servidas as formulações (a), (b), (c) e (d). E na segunda sessão as formulações (e), (f), (g). Apesar de não haver diferença significativa, as formulações melhor ordenadas em relação ao sabor foram (a), (c) e (g), pois apresentaram o menor somatório em suas respectivas fichas (Tabela 28). Essas formulações foram submetidas ao teste de intenção de compra e ao teste de aceitação, por escala hedônica, onde participaram 112 provadores.

TABELA 28: Somatória das notas melhor ordenadas no teste de ordenação-preferência.

Formulação	Somatório das notas
(a)	94
(b)	105
(c)	94
(d)	97
(e)	82
(f)	83
(g)	67

(a): 80% de FT; 10% de FE e 10% de FTI; (b): 60% de FT; 30% de FE e 10% de FTI; (c): 60% de FT; 10% de FE e 30% de FTI; (d): 70% de FT; 20% de FE e 10% de FTI; (e): 70% de FT; 10% de FE e 20% de FTI; (f): 60% de FT; 20% de FE e 20% de FTI; (g): 66% de FT; 17% de FE e 17% de FTI. FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral.

As médias das notas atribuídas pelos provadores no teste de aceitação estão mostradas na Tabela 29. A análise estatística mostrou que os *muffins* não diferiram significativamente em relação à textura (dureza, elasticidade e resiliência) e ao sabor. Os dados de textura corroboram com a análise instrumental, uma vez que todos os atributos avaliados, com a exceção da dureza, não apresentaram diferença significativa em todas as interações. Em relação à cor e aceitação global a amostra (a) apresentou as médias das notas significativamente maiores. O índice de intenção de compra foi de 49,11%, 27,68% e 23,21% para a amostra (a), (c) e (g), respectivamente.

TABELA 29: Média das notas do teste de aceitação das três amostras selecionadas (n=112).

Formulação	Cor	Sabor	Textura	Aceitação global
(a)	7,86 ^a	7,53 ^a	7,74 ^a	7,78 ^a
(c)	7,39 ^b	7,42 ^a	7,48 ^{ab}	7,46 ^b
(g)	7,57 ^b	7,25 ^a	7,38 ^b	7,38 ^b
*DMS	0,36	0,44	0,41	0,37

(a): 80% de FT, 10% de FTI e 10% de FE

(c): 60% de FT, 30% de FTI e 10% de FE

(g) 66% de FT, 17% de FTI e 17% de FE

FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

*DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Embora, de um modo geral, os *muffins* tenham apresentado boa aceitação, observa-se que a amostra (a) (80% de FT + 10% de FTI + 10% de FE) apresentou o melhor conjunto de notas e intenção de compra, portanto foi a amostra selecionada como amostra melhor aceita.

3.4 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados da composição físico-química estão apresentados na Tabela 30. FE apresentou maior proporção de cinzas (3,11%), proteínas (23,92%) e teor de fibra alimentar intermediário (2,34%), quando comparada às outras farinhas.

Estes resultados de FE concordam com os dados encontrados por Frias et al. (2011), que encontraram valores semelhantes para umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos para farinha de ervilha. Caniatti-Brazaca (2006) encontraram valor semelhante para fibra. O teor de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibras alimentares e carboidratos determinado em FT estão de acordo com o evidenciado por Vieira et al. (2015). Scheuer et al. (2014) encontraram valores de umidade, cinzas, proteínas e fibra lipídeos semelhantes aos obtidos para FTI no presente estudo.

TABELA 30: Composição centesimal da farinha de ervilha (FE), farinha de trigo especial (FT) e farinha de trigo integral (FTI).

Componentes	FE (%)	FT (%)	FTI (%)
Umidade	8,85 ± 0,17	12,63 ± 0,06	11,77 ± 0,06
Cinzas	3,11 ± 0,06	0,40 ± 0,00	1,50 ± 0,00
Proteínas	23,92 ± 0,38	11,23 ± 0,21	11,60 ± 0,04
Lipídeos	2,72 ± 0,11	0,90 ± 0,00	1,90 ± 0,00
Fibra alimentar	2,34 ± 0,00	1,11 ± 0,00	10,93 ± 0,00
Carboidratos	59,06 ± 0,00	73,73 ± 0,00	62,30 ± 0,00

FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

De acordo com o Experimento 2 a formulação (f), com 60% de FT, 20% de FE e 20% de FTI, apresentou maior absorção de água, pois o maior nível de substituição acarreta com o aumento de proteínas e fibras. A Tabela 30 mostra que as FE e FTI apresentam maior teor de proteínas e fibras, portanto o maior nível de substituição utilizando essas farinhas podem justificar os resultados apresentados pelo experimento (f).

As amostras de *muffins* selecionadas para análise sensorial de aceitação passaram pela caracterização físico-química (Tabela 31). A amostra (a) apresentou teor proteico significativamente maior devido a maior proporção de FE em relação às outras amostras. A amostra (c) apresentou teor de fibra alimentar significativamente maior devido a maior concentração de FTI, a qual apresenta alto teor de fibra alimentar, conforme observado na Tabela 30. A umidade foi significativamente menor para a amostra (c), e com maior concentração de FTI apresenta um teor de fibra alimentar maior. O teor de lipídeos foi significativamente maior para a amostra (g), pois o maior teor de FE e FTI incorporou lipídeos à massa.

TABELA 31: Composição físico-química dos *muffins* selecionados.

Componentes	(a) (%)	(c) (%)	(g) (%)	*DMS
Umidade	26,85 ± 0,07 ^b	26,64 ± 0,02 ^c	27,40 ± 0,00 ^a	0,14
Cinzas	1,39 ± 0,00 ^b	1,60 ± 0,00 ^a	1,34 ± 0,03 ^b	0,55
Proteínas	8,56 ± 0,06 ^a	7,54 ± 0,00 ^b	7,65 ± 0,07 ^b	0,17
Lipídeos	14,55 ± 0,07 ^b	14,42 ± 0,00 ^b	14,85 ± 0,00 ^a	0,15
Fibra Alimentar	1,89 ± 0,01 ^b	2,77 ± 0,01 ^a	1,65 ± 0,01 ^c	0,02
Carboidratos	46,76 ± 0,01 ^b	47,04 ± 0,01 ^{ab}	47,11 ± 0,01 ^a	0,23

(a): 80% de FT, 10% de FTI e 10% de FE

(c): 60% de FT, 30% de FTI e 10% de FE

(g): 66% de FT, 17% de FTI e 17% de FE

FT= Farinha de trigo; FE = Farinha de ervilha; FTI = Farinha de trigo integral

*DMS: Diferença Mínima Significativa. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

3.5 ANÁLISE DOS AMINOÁCIDOS

O perfil total de aminoácidos da farinha de ervilha está apresentado na Tabela 32.

TABELA 32: Composição de aminoácidos totais na farinha de ervilha (FE).

Aminoácidos	Aminoácidos (mg/100g de amostra)	FAO/WHO (2007) (mg/100g de amostra) ¹
Histidina	380	15
Isoleucina	1080	30
Leucina	1750	59
Lisina	1890	45
Metionina	110	16
Cisteína	80	6
Fenilalanina	1220	38*
Tirosina	690	
Treonina	760	23
Triptofano	-	6
Valina	1020	39
Σ Aminoácidos essenciais	8250	277
Aspartato	2620	
Glutamato	4100	
Serina	1060	
Glicina	870	
Taurina	-	
Arginina	2450	
Alanina	1060	
Prolina	1080	

*Fenilalanina + tirosina

¹FAO/WHO. Food and Agriculture Organization and World Health Organization (2007) protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. WHO Technical Report series 935, Geneve.

A análise de aminoácidos totais revelou que a lisina (22,91%) foi o aminoácido encontrado em maior quantidade, seguido da leucina (21,21%), fenilalanina (14,79%). Os outros aminoácidos essenciais se apresentaram em menor proporção. Perfil inferior para a maioria dos aminoácidos foi encontrado em ervilhas amarelas, com predominância de leucina e lisina entre os aminoácidos essenciais (MA; BOYE; HU, 2017).

Os aminoácidos essenciais presentes na farinha de ervilha, com referência aos requisitos do padrão de proteína da FAO/WHO (2007) para adultos (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, cisteína, fenilalanina + tirosina, treonina, triptofano e valina), demonstra uma boa qualidade biológica, uma vez que não foi detectada a presença do triptofano. Porém os outros aminoácidos essenciais estiveram presentes em maiores quantidades que a necessária para o consumo diário (Tabela 32). Isso significa que a utilização mínima de farinha de ervilha (10 g) na formulação (a) do *muffin* foi a melhor aceita sensorialmente, fornece mais do que a quantidade de consumo diário necessário em praticamente todos os aminoácidos essenciais. Com 5 *muffins* (1,66 g de FE em cada *muffin*) é possível suprir a ingestão

diária dos aminoácidos essenciais. Com isso, conclui-se que a incorporação de farinha de ervilha na formulação de *muffins* pode ser uma boa alternativa para elevar o valor nutritivo do produto desenvolvido.

4 CONCLUSÃO

A partir das análises físicas e textura observou-se que a luminosidade (L^*) da crosta e a dureza geraram modelos de regressão com a interação das farinhas. Os *muffins* elaborados com maior proporção de FT apresentaram maior luminosidade da crosta. Maior dureza foi encontrada em *muffins* com maior proporção de FTI.

A formulação (a) com 80% de FT + 10% de FTI + 10% de FE foi selecionada pelo teste de aceitação, devido ao maior conjunto de notas atribuído e maior intenção de compra. A utilização de farinha de ervilha pode ser uma boa alternativa para o enriquecimento do produto, uma vez que a utilização mínima de 5 *muffins* (1,66 g de FE em cada *muffin*) é suficiente para suprir a necessidade diária dos aminoácidos essenciais.

CONCLUSÃO FINAL

Nesse trabalho foi possível caracterizar a farinha e o amido de ervilha e observar as diferenças térmicas, reológicas e microbiológicas entre os dois. A presença de lipídeos, proteínas e fibras na farinha interferiram nas características encontradas. Ao analisar as misturas entre as farinhas observou-se que a maior proporção de farinha de ervilha colaborou para que as misturas ficassem mais esverdeadas, escuras e com maior granulometria. O aumento da proporção da farinha de ervilha contribuiu com o aumento da absorção de água, tempo de desenvolvimento e índice de tolerância à mistura da massa e com redução do número de queda, estabilidade e força. Portanto, o maior grau de substituição de farinha de ervilha contribuiu para que o mix se tornasse mais fraco, preenchendo melhor os requisitos de uma farinha mista suave indicada para produtos panificáveis sem fermentação biológica.

Em relação aos *muffins*, observou-se que apenas a luminosidade (L^*) da crosta e a dureza apresentaram diferença significativa nos modelos. A maior proporção de farinha de trigo especial contribuiu para a maior luminosidade da crosta, e os *muffins* com textura mais firme (duros) foram de formulação com maior proporção de farinha trigo integral. Os testes sensoriais selecionaram a amostra com menor nível de substituição de farinha de trigo especial. A utilização de 5 *muffins* é suficiente para suprir a necessidade diária de aminoácidos essenciais, contribuindo para o enriquecimento do produto.

REFERÊNCIAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10^a ed. St. Paul, 2000.

ABITRIGO. Associação Brasileira da Indústria do trigo. **O que é trigo?** Disponível em: <<http://www.abitrigo.com.br/index.php?mpg=02.00.00>>. Acesso em: 26/05/2015.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas**: NBR12806:1993. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas**: NBR14141:1998. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ADAMOVICZ, J. A. L. et al. Evaluation on thermal, rheological and structural properties on the mixture of potato starch and pectin. **Carpathian Journal of Food Science and Technology**, v. 7, p. 45-52, 2015.

AGBOOLA, S. O. et al. Functional properties of yellow field pea (*Pisum sativum* L.) seed flours and the in vitro bioactive properties of their polyphenols. **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 582-588, 2010.

ALASINO, M. C. et al. Inactivated pea flour (*Pisum sativum*) in bread making. **Archivos Latinoamericanos De Nutricion**, v. 58, n. 4, p. 397-402, 2008.

ALBERTON, C. et al. Thermal analysis, rheology X-ray diffractometry and atomic force microscopy in the evaluation of binary mixtures of starch-hydrocolloids. **Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences**, v. 3, p. 305–309, 2014.

ALONSO, R. et al. The effect of extrusion cooking on mineral bioavailability in pea and kidney bean seed meals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 94, n. 1-2, p. 1-13, 2001.

ANDRADE, M. M. P. et al. Effects of heat-moisture treatment on organic cassava starch. Thermal, rheological and structural study. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**. v. 115, p. 2115–2122, 2014.

ANTONIEWSKA, A. et al. Antioxidative, nutritional and sensory properties of muffins with buckwheat flakes and amaranth flour blend partially substituting for wheat flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, p. 217–223, 2018.

ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Acribia SA, 1994. 198 p.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18th. ed. Gaithersburg. 2005. Revisão 2011.

ASCHERI, D. P. R. et al. Caracterização física e físico-química de rizomas e amido do lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, p. 159-166, 2010.

Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados (ABIMAPI). Disponível em: <https://www.abimapi.com.br/estatistica-paes-bolos.php>. Acesso em: 18 de fev de 2018.

BELLO-PÉREZ, L. A.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. A. **Almidón: definición, estructura y propiedades**. In: Lajolo, F. M. e Menezes, E. W. (Ed.). Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericano. São Paulo: Edusp, 2006. cap. 1, p.17-46.

BERNAL, C. et al. Influência de alguns parâmetros experimentais nos resultados de análises calorimétricas diferenciais - DSC. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 849-855, 2002.

BERTOLINI, A. C. Trends in starch applications. In: BERTOLINI, A. C. (Ed.). **Starches: Characterization, Properties, and Applications**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 1, p.1-19.

BET, C. D. et al. Common Vetch (*Vicia sativa*) as a New Starch Source: Its Thermal, Rheological and Structural Properties After Acid Hydrolysis. **Food Biophysics**, v. 11, p. 275-282, 2016.

BILIADERIS, C. G. THE STRUCTURE AND INTERACTIONS OF STARCH WITH FOOD CONSTITUENTS. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 69, n. 1, p. 60-78, 1991.

BONNET, C. B.; HUBERT, O.; MBEGUIE-A-MBEGUIE, D.; PALLET, D.; HIOL, A.; REYNES, M.; POUCHERET, P. Effect of physiological harvest stages on the composition of bioactive compounds in Cavendish bananas. **Journal of Zhejiang University Science B**, v. 14, n. 4, p. 270-278, 2013.

BORSATO, D.; GALVAN, D.; PEREIRA, J. L.; ORIVES, J. R.; ANGILELLI, K. G.; COPPO, R. L. Kinetic and Thermodynamic Parameters of Biodiesel Oxidation with Synthetic Antioxidants: Simplex Centroid Mixture Design. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 25, p. 1984-1992, 2014.

BORGES, J. T. S. et al. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim de Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 24, p. 145-162, 2006.

BOX, E. P., HUNTER, W. G., & HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters: Design, innovation and discovery**. Wiley, 2005.

BRANDÃO, S. S.; LIRA, H. L. **Tecnologia de panificação e confeitaria**. Recife: EDUFRPE, 2011. 148 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa n. 7, de 15 de agosto de 2001. **Diário Oficial da União**. Brasília, Distrito Federal, 21 de agosto de 2001. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa n.8, de 2 de junho de 2005. **Diário Oficial da União**. Brasília, Distrito Federal, 27 de junho de 2005. Seção 1.

BROWN, M. E. **Introduction to thermal analysis: techniques and applications**. Cambridge: Great Britain, 1992.

CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Valor nutricional de produtos de ervilha em comparação com a ervilha fresca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 766-771, 2006.

CANO, A. et al. Properties and ageing behaviour of pea starch films as affected by blend with poly(vinyl alcohol). **Food Hydrocolloids**, v. 48, p. 84-93, 2015.

CARDOSO, E. D. et al. Doses de zinco e nitrogênio na produtividade e qualidade de grãos de ervilha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 263-271, 2012.

CARNEIRO, J. D. S.; MINIM, V. P. R. **Testes de preferência**. In: MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Ed. UFV, 2013. p. 49-64.

CARPENTER, R. P.; LYON, D. H.; HASDELL, T. A. **Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control**. Gaithersburg: Aspen, 2000. 210 p.

CASTRO, A. C.; SIMÓN, M. R. The impact of *Septoria tritici* blotch in bread making quality among argentinean wheat cultivars. **Journal of Cereal Science**, v. 77, p. 259-265, 2017.

CAVALHEIRO, S. F. L.; CARDELLO, H. M. A. Testes sensoriais afetivos: uma revisão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 1, p.1-11, 2004.

CEREDA, M. P. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

CHAVAN, U. D. et al. Characterization of beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) starch. **Food Chemistry**, v. 65, p. 61-70, 1999.

CHUNG, H. J.; LIU, Q. Physicochemical properties and in vitro digestibility of flour and starch from pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 50, n. 1, p. 131-137, 2012.

CODINA, G. G.; PASLARU, V.; LEAHU, A. INFLUENCE OF INULIN AND PEA FIBRE ADDITION ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF DOUGH AND BREAD QUALITY. **Journal of Environmental Protection and Ecology**, v. 12, n. 3, p. 1132-1139, 2011.

COLLAR, C. et al. Impact of ancient cereals, pseudocereals and legumes on starchhydrolysis and antiradical activity of technologically viable blended breads. **Carbohydrate Polymers**, v. 113, p. 149-158, 2014.

COLONNA, P.; BULEON, A. Thermal transitions of starches. In: Bertolini, A. C. (Ed.). **Starches : characterization, properties, and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2010. cap. 5, p.71-102.

CORDOBA, L. P. et al. Effect of hydrochloric acid in different concentrations and temperatures up to some properties of organic cassava starch. **Brazilian Journal of Thermal Analysis**, v. 2, p. 6-11, 2013.

COUTO, F. A. A. **Aspectos históricos e econômicos da cultura da ervilha**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 1989.

CHISTE, R. C.; COHEN, K. O. Influência da fermentação na qualidade da farinha de mandioca do grupo d'água. **Acta Amazônica**, v. 41, n.2, p. 279 – 284, 2011.

DAMAGER, I. et al. First principles insight into the α -glucan structures of starch: their sythesis, conformation, and hydration. **Chemical Reviews**, v.110, p. 2049-2080, 2010.

DAMODARAN, S.; Parkin, K. L.; Fennema, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DEBET, M. R.; GIDLEY, M. J. Why do gelatinized starch granules not dissolve completely? Roles for amylose, protein, and lipid in granule “ghost” integrity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 4752–4760, 2007.

DELLA-LUCIA, S. M.; MINIM, V. P. R.; CARNEIRO, J. D. S. Análise sensorial de alimentos. In: MINIM, V. P. R. Análise sensorial: estudos com consumidores. Viçosa: Ed. UFV, 2013. p. 13-48.

DEL BEM, M. S. et al. Propriedades físico-químicas e sensoriais de massas alimentícias elaboradas com farinhas de leguminosas tratadas hidrotermicamente. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 1, p. 101-110, 2012.

DESHPANDE, S. S.; ADSULE, R. N. Garden Pea. In: Salunkhe, D. K. (Ed.). **Handbook of Vegetable Science and Technology: Production, Composition, Storage, and Processing FoodScience and Technology**. New York: Marcel Dekker, 1998. cap. 19, p.433-466.

DOUZALS, J. P. et al. Microscopic study of starch gelatinization under high hydrostatic pressure. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 6, p. 1403-1408, 1996.

DUBOIS, M.; DUBAT, A. LAUNAY, B. Interpretation of the Alveogram. In: DUBOIS, M. The AlveoConsistograph Handbook 2. Ed. New York: Academic Press, 2008, p. 33-37.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2013. 531 p.

DRAKE, M. A. Invited Review: Sensory Analysis of Dairy Foods. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 11, p. 4925-4937, 2007.

EEDEN, E. V.; LABUSCHAGNE, M. T. Sprouting tolerance and falling number in South African hybrid bread wheat cultivars and their parent lines. **Journal of Cereal Science**, v. 56 p. 754-759, 2012.

EL-DASH, A. A.; CAMARGO C. R. O. Fundamentos da tecnologia de panificação. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia, 1982. 400 p.

EL-DASH, A.; CAMPOS, J.E.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**. Uso de Farinha Mista de Trigo e Sorgo na Produção de Pães. v.4. Brasília: Embrapa, 1994.

ELIASSON, A. C.; GUDMUNDSSON, M. Starch: Physicochemical and Functional Aspects In: ELIASSON, A. C. (Ed.). **Carbohydrates in Food 2**. Boca Raton: CRC Press, 2006. cap. 10, p.393-469.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Hortaliças – como comprar conservar e consumir. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355126/31107372/ERVILHA_CCCC_2017.pdf/7db1b57f-692b-b2de-d479-7f977209382c> . Acesso em: 27 junho 2018.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. Cultivares da Embrapa Hortaliças (1981-2013). Brasília: EMBRAPA, 2014, 182p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Nutritivas e sustentáveis, leguminosas de grãos secos são destaque em 2016 (2016). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18204770/nutritivas-e-sustentaveis-leguminosas-de-graos-secos-sao-destaque-em-2016>>. Acesso em: 31 out. 2017.

FAO. Food and Agriculture Ornization of the United Nations. FAOSTAT Data. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 25 out. 2017.

FAO/WHO. Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. In: **Food and Agriculture Organization and World Health Organization WHO Technical Report Series**, Geneva, 2007.

FONSECA, P. C. **Olericultura: A Cultura da Ervilha** EMATER, 1999.

FONTANELI, R.; SANTOS, H. P.; BAIER, A. **Morfologia de leguminosas forrageiras**. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 9, 297-304.

FRIAS, J. et al. Assessment of the nutritional quality of raw and extruded *Pisum sativum* L. var. laguna seeds. **Lwt-Food Science and Technology**, v. 44, n. 5, p. 1303-1308, 2011.

GAINES, C. S. Influence oh Chemical and Physical Modification of Soft Wheat Protein on Sugar-Snap Cookie Dough Consistency, Cookie Size, and Hardness. **Cereal Chemistry**, v.67, n. 1, p. 73-77, 1990.

GOMES, C.M. et al. Defloculação de massas cerâmicas triaxiais obtidas a partir do delineamento de misturas. **Cerâmica**, v. 51, p.336-342, 2005.

GOSWAMI, D. et al. Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, p. 374-380, 2015.

GIOLITO, I.; IONASHIRO, M. A nomenclatura em análise térmica – Parte II. **Cerâmica**, v. 225, 1988.

GIORDANO, L. B. **Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças. Cultivo da ervilha (*Pisum sativum* L.)**. Brasília: EMPRAPA, 1997.

GIORDANO, L. B. et al. **As culturas da ervilha e da lentilha**. Brasília: EMBRAPA, 1993.

GUADARRAMA-LEZAMA, A. Y. et al. Rheological and thermal properties of dough and textural and microstructural features of bread obtained from nixtamalized corn/wheat flour blends. **Journal of Cereal Science**, v. 69, p. 158-165, 2016.

GUARIENTI, E. M.; MIRANDA, M. Z. **Qualidade tecnológica do trigo**. In: DE MORI, C. ANTUNES, J. M; FAE, G. S.; ACOSTA, A. S. (Ed.). Trigo; o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa, 2016, p. 263-281.

HAGEN, S.; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food, **Journal Association of Official Analytical Chemists**, v.72, p.912-916, 1989.

HEAL, G. R. Thermogravimetry and Derivative Thermogravimetry In: Haines, P. J. (Ed.). **Principles of thermal analysis and calorimetry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2002. cap. 2, p.10-54.

HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A.; CROUCH, S. R. **Princípios de análise instrumental**. 6. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HONGBO, T. et al. Hydroxypropylated microcrystalline pea starch: optimisation, functional characterisation. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p.1009-1018, 2015.

HOOVER, R., SOSULSKI, F. W. Composition, structure, functionality, and chemical modification of legume starches: a review. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 69, p. 79–92, 1991.

HOOVER, R. et al. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: a review. **Food Research International**, 43, 399-413, 2010.

HOOVER, R.; RATNAYAKE, W. S. Starch characteristics of black bean, chickpea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. **Food Chemistry**, v. 78, p. 489-498, 2002.

HORNUNG, P. S. et al. Study of the Effects of Ultraviolet Light and Sodium Hypochlorite Solutions on Properties of Cassava Starch Granules. **Food Biophysics**, v.10, p. 368-374, 2015.

HORNUNG, P. S. et al. Investigation of the photo-oxidation of cassava starch granules: thermal, rheological and structural behavior. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 123, p. 2129–2137, 2016.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020p.a

ICTA. Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/avaliacao-farinha-trigo/item2.php>. Acesso em: 13 de março de 2018.

IONASHIRO, M. **Giolito: Fundamentos da Termogravimetria, Análise Térmica Diferencial e Calorimetria Exploratória Diferencial**. São Paulo: 2004.

IONASHIRO, M. **Fundamentos de termogravimetria e análise térmica diferencial / calorimetria exploratória diferencial**. 1. São Paulo: Giz, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 11136: **Sensory analysis – methodology – general guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area**. Switzerland: ISO, 2013.

ISO - International Organization for Standardization. International name: Determination of amylose content - Part 1: Reference method. S. I., 2007. 5 p. (ISO 66470).

JANE, J. Structural Features of Starch Granules II In: BeMiller;J., *et al* (Ed.). **Starch: Chemistry and Technology**. New York: Academic Press, 2009. cap. 6, p.193-236.

JANZEN, J. P.; BRESTER, G. W.; SMITH, V. H. Dry Peas: Trends in Production, Trade, and Price. **Briefing**, n. 57, 2014.

JAUHARAH, M. Z. A.; ROSLI, W. I. W.; ROBERT, S. D. Physicochemical and Sensorial Evaluation of Biscuit and Muffin Incorporated with Young Corn Powder. **Sains Malaysiana**, v. 43, p. 45-52, 2014.

JOHN INNES CENTRE. Unravelling the riddle of round and wrinkled pea seeds. Disponível em: <<https://www.jic.ac.uk/pea-homepage/round-or-wrinkled/>>. Acesso em: 14 de out. 2018.

KAUR, P. et al. Effect of addition of flaxseed flour on phytochemical, physicochemical, nutritional, and textural properties of cookies. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, in press, 2017.

KAUR, M.; SANDHU, K. S.; SINGH, N. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. **Food Chemistry**, v.104, p. 259–267, 2007.

KAYACIER, A.; YÜKSEL, F.; KARAMAN, S. Simplex lattice mixture design approach on physicochemical and sensory properties of wheat chips enriched with different legume flours: An optimization study based on sensory properties. **Food Science and Technology**, v. 58, p. 639-648, 2014.

KEMP, S. E.; HOLLOWOOD, T.; HORT, J. **Sensory Evaluation: A practical handbook**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2009. 208 p.

KHAN, T. N.; MELDRUM, A.; CROSER, J. S. **Pea: Overview**. In: WRIGLEY, C. W.; CORKE, H.; SEETHARAMAN, K.; FAUBION, J. Encyclopedia of Food Grains (Second Edition), v. 1, Academic Press: New York, 2016, p. 324-333.

KIM, M. K.; JANG, H. W.; KWANG-GEUN, L. Sensory and instrumental volatile flavor analysis of commercial orange juices prepared by different processing methods. **Food Chemistry**. Article in press, 2017.

KLUG, W. et al. **Conceitos de genética**. 9°. Porto Alegre: Artmed, 2010.

KUDA, T. et al. Effect of rice bran fermented with *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* on preference ranking and ammonia content in shark and other fish meat. **Food Science and Technology**, v.84, p.58-63, 2017.

KUMAR, S. B.; PRABHASANKAR, P. Low glycemic index ingredients and modified starches in wheat based food processing: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 35, n. 1, p. 32-41, 2014.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo Universidade de São Paulo, 2006.

LATIFA, S. J., PFANNSTIELB, H. P. S.; MAKKARA, K. B. Amino acid composition, antinutrients and allergens in the peanut protein fraction obtained by an aqueous enzymatic process. **Food Chemistry**, v. 136, p.213–21, 2013.

LAYE, P. G. Differential Thermal Analysis and Differential Scanning Calorimetry. In: Haines, P. J. (Ed.). **Principles of thermal analysis and calorimetry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2002. cap. 3, p.55-93.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27 n. 3, p. 579-588, 2007.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Processamento de araruta (*Maranta arundinacea*) para extração e caracterização da fração amilácea. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, n. 93, p. 151- 155, 2002.

LIN et al. Development of eggless cakes suitable for lacto-vegetarians using isolated pea proteins Muiyang. **Food Hydrocolloids**, v. 69, p. 440-449, 2017.

LIU, C. et al. Physicochemical properties and in vitro digestibility of starches from field peas grown in China. **Food Science and Technology**, v. 64, p. 829-836, 2015.

LIU, G. et al. Structure, functionality and applications of debranched starch: A review. **Trends in Food Science & Technology**, 63, 70-79, 2017.

LIU, Q. Understanding Starches and Their Role in Foods: Chemistry, Physical Properties, and Applications. In: Cui, S. W. (Ed.). **Food Carbohydrates**. Boca Raton: CRC Press, 2005. cap. 7, p.309-355.

LU, Z. H.; DOONER, E.; LIU, Q. Effect of roasted pea flour/starch and encapsulated pea starch incorporation on the in vitro starch digestibility of pea breads. **Food Chemistry**, v. 245, p. 71–78, 2018.

MA, Z.; BOYE, J. I.; HU, X. In vitro digestibility, protein composition and techno-functional properties of Saskatchewan grown yellow field peas (*Pisum sativum* L.) as affected by processing. **Food Research International**, v. 92, p. 64–78, 2017.

MacDOUGALL, D. B. **Colour in Food, improving quality**. Boca Raton: CRC Press, 2000.

MANCEBO, C. M.; RODRIGUEZ, P.; GOMEZ, M. Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. **Food Science and Technology**, v. 67, p. 127-132, 2016.

MARCHETTI, L.; CALIFANO, A. N.; ANDRÉS, S. C. Partial replacement of wheat flour by pecan nut expeller meal on bakery products. Effect on muffins quality. **Food Science and Technology**, v. 95, 85–91, 2018.

MARETI, M. C.; GROSSMANN, M. V. E.; BENASSI, M. T. Características físicas e sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 878-883, 2010.

MARES, D.; MRVA, K. Late-maturity α -amylase: Low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting. **Journal of Cereal Science**, v. 47, p. 6–17, 2008.

MARTINBIANCO, F. et al. Avaliação sensorial de pães de fermentação natural a partir de culturas starters inovadoras. **Ciência Rural**, v.43, p.1701-1706, 2013.

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SALVADOR, A.; SANZ, T. Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins: Thermal, rheological, texture and acceptability properties. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 1-8, 2014.

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SALVADOR, A.; SANZ, T. Cellulose ether emulsions as fat replacers in muffins: Rheological, thermal and textural properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, p. 374-380, 2015.

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S. M. Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. **Food Science and Technology**, v.45, p. 213-220, 2012.

MARTÍNEZ, M.; OLLETE, B.; GÓMEZ, M. Effect of the addition of extruded wheat flours on dough rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, v. 57, p. 424e429, 2013.

MASON, W. R. Starch Use in Foods. In: BeMiller, J. e Whistler, R. (Ed.). **Starch: Chemistry and Technology** New York: Academic Press, 2009. cap. 20, p.746-795.

MEILGAARD, M. **Sensory Evaluation Techniques** 4 ed. Boca Raton: CRC Press, 2006, 464 p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3 ed. New York: CRC, 1999. 281 p.

MIRANDA, M. Z.; MORI, C.; LORINI, I. Qualidade comercial do trigo brasileiro: Safra 2006. **Documentos on line 112**. EMBRAPA., Dezembro, 2009.

MIRANDA, T. M.; VIANA, E. S. M. Avaliação da qualidade proteica da ervilha. *Global Science and Technology*. v.10, n.01, p. 69-77, 2017.

MORETTI, C. L. Tecnologia de produtos minimamente processados; In: **Anais... CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, N. 30, 2001, Foz do Iguaçu-Pr, 5p.

MORRISON, W. R. Starch lipids and how they relate to starch granule structure and functionality. **Cereal Foods World**, v. 40, n. 6, p. 437-&, 1995.

NASSU, R. T. **Análise sensorial de carne: conceitos e recomendações**. São Carlos: Embrapa, 2007. 79p.

NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e de desenvolvimento na ciência e na indústria** (4^a ed). Porto Alegre: Bookman, 2010. 414p.

NIEUWWNHUIS, R.; NIEUWELINK, J. AD10P A cultura de soja e de outras leguminosas. Agromisa Foundation, 2003, 82p.

OATES, C. G. Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis. **Trends in Food Science & Technology**, v. 8, n. 11, p. 375-382, 1997.

OJEDA, A. M. R. **Peas and Lentils**. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P.; TOLDR, F (Ed.). *Encyclopedia of Food and Health*. 1 ed., 2016, p. 283-288.

OLIVEIRA, T. M. et al. Caracterização do amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 27-42, 2009.

OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T.S. Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 2, p. 141-150, 2007.

ORO, T. et al. Propriedades de pasta de mesclas de farinha integral com farinha refinada usadas na produção de pães. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 754-760, 2013.

ORTIZ, W. K. Cakes, Muffins and Bagels. In: WRIGLEY, C. W.; CORKE, H.; SEETHARAMAN, K.; FAUBION, J. **Encyclopedia of Food Grains, Second Edition**. Battle Creek: Academic Press, p. 30-36.

PADHI, E. M. T. et al. Total polyphenol content, carotenoid, tocopherol and fatty acid composition of commonly consumed Canadian pulses and their contribution to antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, v.38, p. 602–611, 2017.

PADALINO, L. et al. Chemical composition, sensory and cooking quality evaluation of durum wheat spaghetti enriched with pea flour. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 6, p. 1544-1556, 2014.

PEIXOTO, A. M. **Ervilha**. Enciclopédia Agrícola Brasileira. São Paulo: Universidade de São Paulo: 83-85 p. 2000.

PÉREZ, S.; BALDWIN, P. M.; GALLANT, D. J. Structural Features of Starch Granules I In: BeMiller, J. R. W., R. (Ed.). **Starch: Chemistry and Technology**. 3. New York: Academic Press, 2009. p.149-192.

PEREIRA, A. S. **Ervilha: Integração Pesquisa/ Iniciativa Privada**. Informe Agropecuário, 1989.

PERERA, C.; HOOVER, R. Influence of hydroxypropylation on retrogradation properties of native, defatted and heat-moisture treated potato starches. **Food Chemistry**, v. 64, n. 3, p. 361-375, 1999.

PHILIPP, C. et al. Impact of protein content on physical and microstructural properties of extruded rice starch-pea protein snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 212, p. 165-173, 2017.

PIRES, C. V. et al. Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 179-187, 2006.

PIZZINATTO, A.; CAMPAGNOLLI, D. M. F. **Avaliação e controle de qualidade da farinha de trigo**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, 1993.

POLIZER, Y. L et al. Development and evaluation of chicken nuggets with partial replacement of meat and fat by pea fibre. **Brazilian Food Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 62-69, 2015.

PREICHARDT, L. D. et al. The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for coeliac patients. **International Journal of Food Science & Technology**, v.46, p. 2591-2597, 2011.

PULSE CANADA. What is a pulse? Disponível em: <<http://www.pulsecanada.com/food-health/what-is-a-pulse>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

PUMACAHUA-RAMOS A. et al. Morphological, thermal and physicochemical characteristics of small granules starch from *Mirabilis jalapa* L. **Thermochimica Acta**, v. 602, p. 1–7, 2015.

PUPP, L. Farinha de trigo: características tecnológicas e aplicações. In: TEDRUS, G. (Ed.). **Condições Adequadas para a produção de pães, massas e biscoitos**. Campinas: Centro de Pesquisas e Tecnologia de Cereais, 1996. p.4.1-4.9.

PYLER, E. J. **Baking: science & tecnologia**. 3rd ed. Kansas: Sosland publishing Company, 1988. v. 2.

QUALGLIA, G. **Ciencia y tecnología de la panificación**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1991. 485 p.

RAGAE, S.; ABDEL-AAL, E. S. M. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. **Food Chemistry**, v. 95, n. 1, p. 9-18, 2006.

RAGHUNATHAN, R. et al. Impact of molecular structure on the physicochemical properties of starches isolated from different field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars grown in Saskatchewan, Canada. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1514–1521, 2017.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de Alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

RIBEIRO, L. S. et al. Influence of some sugars on the thermal, rheological and morphological properties of “pinhão” starch. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 117 p. 935–942, 2014.

RIBEIRO, L. S. et al. Thermoanalytical study on the action of nitric acid in the cassava starch granules. **Brazilian Journal of Thermal Analysis**, v. 3, p. 20-25, 2014.

REINKENSMEIER, A.; BUßLER, S.; SCHLÜTER, O.; ROHN, S.; RAWEL, H. M. Characterization of individual proteins in pea protein isolates and air classified samples. **Food Research International**, v.76, p.160–167, 2015.

REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. **Testes de aceitação**. In: MINIM, V. P. R. Análise sensorial: estudos com consumidores. Viçosa: Ed. UFV, 2013. p. 65-81.

REHMAN, S. et al. Influence of partial substitution of wheat flour with vetch (*Lathyrus sativus* L) flour on quality characteristics of doughnuts. **LWT - Food Science and Technology**, v.40, p. 73-82, 2007.

REYES-MORENO, C.; PAREDES-LOPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 3, p. 227-286, 1993.

RIO, C. Les légumes secs, aliments de choix à valoriser. **Cahiers de nutrition et de diététique**, v. 52, 71—77, 2017.

RODRIGUES, P. EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Hortaliças e leguminosas para cultivo de inverno (2013). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/mobile/noticias/-/noticia/2194813/dia-de-campo-na-tv---hortalicas-leguminosas-para-o-cultivo-de-inverno>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

RONDA, F.; VILLANUEVA, M.; COLLAR, C. Influence of acidification on dough viscoelasticity of gluten-free rice starch-based dough matrices enriched with exogenous protein. **Lwt-Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 12-20, 2014.

ROY, F.; BOYE, J. I.; SIMPSON, B. K. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. **Food Research International**, v. 43, p. 432–442, 2010.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant starch - A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2006.

SANTOS, C. T. et al. Influência da concentração de soro na aceitação sensorial de bebida láctea fermentada com polpa de manga. **Alimentos e Nutrição**, v.19, n.1, p. 55-60, 2008.

SANTOS, C. M. **Métodos analíticos aplicados pela Granotec/Granolab ao trigo e à farinha de trigo** – 1 ed. Curitiba: Granolab do Brasil, 2015. 135p.

SCHAMNE, C.; DUTCOSKY, S. D.; DEMIATE, I. M. Obtenção e caracterização de produtos panificados livres de glúten. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 741-750, 2010.

SCHEUER, P. M. et al. Effects of fat replacement on properties of whole wheat bread. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.50, p. 703-712, 2014.

SCHWARTZ, J. M. et al. Available water in konjac glucomannan-starch mixtures. Influence on the gelatinization, retrogradation and complexation properties of two starches **Food Hydrocolloids**, v. 41, p. 71-78, 2014.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Tecnologia e Inovação na Panificação e Confeitaria**. 2007, 15 p.

SHANNON, J. C.; GARWOOD, D. L.; BOYER, C. D. Genetics and Physiology of Starch Development In: BeMiller, J. e Whistler, R. (Ed.). **Starch: Chemistry and Technology** 3. New York: Academic Press, 2009. cap. 1, p.1-10.

SHEVKANI, K.; SINGH, N. Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch-based gluten-free muffins. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 49, p. 2237–2244, 2014.

SHI, M. et al. Pea starch (*Pisum sativum* L.) with slow digestion property produced using β -amylase and transglucosidase. **Food Chemistry**, v. 164, p. 317-323, 2014.

SILVA, R. M. et al. Características físico-químicas de amidos modificados com permanganato de potássio/ácido láctico e hipoclorito de sódio/ácido láctico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 66-77, 2008.

SIMAS, K. N. et al. Effect of king palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, 531–538, 2009.

SIMSEK, S. et al. Starch characteristics of dry peas (*Pisum sativum* L.) grown in the USA. **Food Chemistry**, v. 115, n. 3, p. 832-838, 2009.

SINGH, B. et al. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. *Food Research International*, v. 101, p. 1–16, 2017.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003.

SRICHUWONG, S. et al. Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums, millet, quinoa and amaranth flours, as affected by starch and non-starch constituents. **Food Chemistry**, v. 233, p. 1–10, 2017.

STONE, H.; BLEIBAUM, R. N.; THOMAS, H. A. **Sensory Evaluation Practices** 4 ed. Academic Press, 2012, 438 p.

STRUCK, S.; GUNDEL, L.; ZAHN, S.; ROHM, H. Fiber enriched reduced sugar muffins made from iso-viscous batters. **Food Science and Technology**, v. 65, p. 32–38, 2016.

TESTER, R. F. Starch: the polysaccharide fractions. In: PFrazier, P. J.; Richmond, P., et al (Ed.). **Starch, structure and functionality**: Starch, structure and functionality, 1997. p.163-171.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

TOMM, G. O.; LIMA, G. J. M. M. **Desenvolvimento da cultura da ervilha para alimentação animal do sul do Brasil**: EMBRAPA 2000.

TORBICA, A.; HADNADEV, M.; HADNADEV, T. D. Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality. **Food Research International**, v. 48, n. 1, p. 277-283, 2012.

TSAI, M. L.; LI, C. F.; LII, C. Y. Effects of granular structures on the pasting behaviors of starches. **Cereal Chemistry**, v. 74, n. 6, p. 750-757, 1997.

TSAO, J. S.; LO, H. Vegetables: Types and Biology. In: HUI, Y. H. (Ed.). **Handbook of food science, technology, and engineering**. New York: Boca Raton, 2006. cap. 20, p.1-16.

United States Department of Agriculture (USDA) – Yellow peas. Disponível em: <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/commgallery/p_yellowpea.aspx>. Acesso em: 14/10/2018.

UTHAYAKUMARAN, S.; WRIGLEY, C. W. Wheat: characteristics and quality requirements. In: Wrigley, C. W. e Batey, I. L. (Ed.). **Cereal grains: assessing and managing quality**, 2010. p. 59-111.

VAN DER POEL, A. F. B.; ZUILICHEM, D. J.; VAN OORT, M. G. Thermal inactivation of lectins and trypsin inhibitor activity during steam processing of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and effects on protein quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 53, p. 215-228, 1990.

VANIER, N. L. et al. Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review. **Food Chemistry**, v. 221, 1546–1559, 2017.

VIEIRA, T. S. et al. Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, p. 285-292, 2015.

VOGEL, A. I. **Análise química quantitativa**. 6. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

WANG, J.; ROSELL, C. M.; BARBER, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, v. 79, p. 221-226, 2002.

WANG, P.; JIN, Z.; XU, X. Physicochemical alterations of wheat gluten proteins upon dough formation and frozen storage – A review from gluten, glutenin and gliadin perspectives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 46, p.189-198, 2015.

WANG, S. et al. Molecular order and functional properties of starches from three waxy wheat varieties grown in China. **Food Chemistry**, v. 181, p. 43–50, 2015.

WANG, S.; SHARP, P.; COPELAND, L. Structural and functional properties of starches from field peas. **Food Chemistry**, v.126, p.1546–1552, 2011.

WANG, S.; COPELAND, L. Effect of alkali treatment on structure and function of pea starch granules. **Food Chemistry**, v. 135, p. 1635–1642, 2012.

WANG, S. J.; COPELAND, L. Effect of Acid Hydrolysis on Starch Structure and Functionality: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 8, p. 1079-1095, 2015.

WARRINGTON, S. B. Simultaneous Thermal Analysis Techniques. In: Haines, P. J. (Ed.). **Principles of thermal analysis and calorimetry**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2002. cap. 6, p.166-189.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.

WEI, B. et al. Effect of defatting on acid hydrolysis rate of maize starch with different amylose contents. **International Journal Biological Macromolecules**, v. 62, p.652–656, 2013.

WHITE, J. A.; HART, R. J.; FRY, J. C. An evaluation of the waters pico-tag system for the amino-acid-analysis of food materials. **Journal of Automatic Chemistry**, v.8, p.170-177, 1986.

YILMAZ, M. T. et al. A mixture design study to determine interaction effects of wheat, buckwheat, and rice flours in an aqueous model system. **Food Science and Technology**, v. 61, p.583-589, 2015.

YUAN, R. C.; THOMPSON, D. B.; BOYER, C. D. Fine structure of amylopectin in relation to gelatinization and retrogradation behaviour of maize starches from three wax-containing genotypes in two inbred lines. **Cereal Chemistry**, v. 70, p. 81-89, 1993.

ZHANG, L. M. et al. Study on the morphology, crystalline structure and thermal properties of yellow ginger starch acetates with different degrees of substitution. **Thermochimica Acta**, v. 495, n. 1-2, p. 57-62, 2009.

ZOBEL, H. F. STARCH CRYSTAL TRANSFORMATIONS AND THEIR INDUSTRIAL IMPORTANCE. **Starch-Starke**, v. 40, n. 1, p. 1-7, 1988.

APÊNDICE 1 – FICHA DE AVALIAÇÃO DO PERFIL DO CONSUMIDOR

PERFIL DO CONSUMIDOR

Nome: _____

Data ____/____/____

Sexo: M () F ()

Idade: () 18 a 25 anos () 26 a 35 anos () 36 a 45 anos () 46 a 55 anos () >56 anos

Nível de instrução:

() Primário completo

() Secundário incompleto

() Secundário completo

() Superior incompleto

() Superior completo

() Pós-graduação () Completo () Incompleto

Você consome leguminosas (feijão, ervilha, grão de bico, lentilha)? Sim () Não ()

Em caso afirmativo indique qual(s)

Você tem alguma restrição à ingestão de alguma leguminosa citada acima? _____

Com que frequência você consome leguminosas (feijão, ervilha, grão de bico, lentilha)?

() Uma vez por dia

() 2 vezes por dia

() Uma vez na semana

() 2 a 5 vezes na semana

() A cada 15 dias

() Uma vez ao mês

() Outro

Você possui alguma alergia relacionada à ingestão deste tipo de alimento?

Sim () Não ()

Em caso afirmativo

indique _____

Você possui intolerância alimentar?

Glúten: Sim () Não () Lactose: Sim () Não ()

Ovo: Sim () Não ()

Você apresenta diabetes? Sim () Não ()

Você tem algum problema de saúde? Sim () Não ()

Indique _____

Você possui alguma alergia respiratória? Sim () Não ()

Indique _____

**APÊNDICE 2 – TESTE DE ORDENAÇÃO-PREFERÊNCIA DOS *MUFFINS*
PRODUZIDOS COM FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA**

TESTE DE ORDENAÇÃO-PREFERÊNCIA

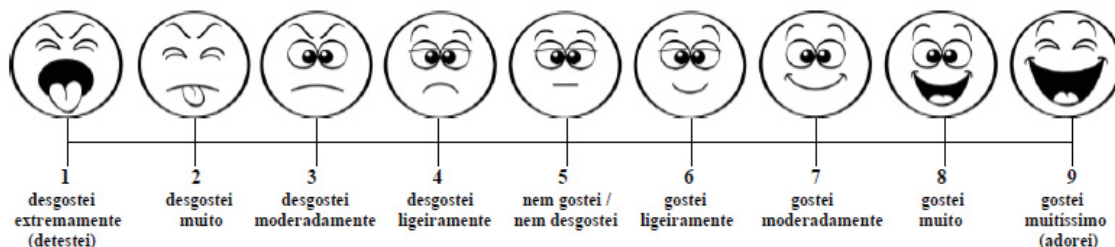
Você está recebendo quatro amostras codificadas de *muffins* (farinha de trigo integral e farinha de ervilha). Por favor, prove-as sempre da esquerda para direita e ordene-as de acordo com sua preferência, em ordem crescente, em relação ao SABOR.

Comentários: _____

**APÊNDICE 3 – TESTE DE ACEITAÇÃO E INTENÇÃO DE COMPRA DE *MUFFINS*
PRODUZIDOS COM FARINHAS MISTAS DE TRIGO E ERVILHA**

TESTE DE ACEITAÇÃO

Por favor, prove as amostras de *muffin* com farinha de trigo integral e farinha de ervilha codificadas com três dígitos e expresse a sensação percebida de acordo com a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou.



AMOSTRA

Número da amostra

Cor

Sabor

Textura

Aceitação global

Comentários: _____

TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

Você compraria um *muffin* que na sua formulação tem farinha integral de trigo e farinha de ervilha na sua composição?

() Sim () Não

Se sim, qual amostra você compraria? _____

Comentários: _____

